



TUGAS AKHIR - RE 141581

PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KELURAHAN PUTAT JAYA, SURABAYA

RIZKI ISMI'RAJ DESTIO
03211440000048

Dosen Pembimbing
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR
LIMBAH DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH DOMESTIK DI KELURAHAN PUTAT JAYA,
SURABAYA**

RIZKI ISMI'RAJ DESTIO
03211440000048

Dosen Pembimbing
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - RE 141581

PLANNING OF SEWERAGE SYSTEM AND DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT IN KELURAHAN PUTAT JAYA, SURABAYA

RIZKI ISMI'RAJ DESTIO
03211440000048

SUPERVISOR
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environment and Geo Engineering
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KELURAHAN PUTAT JAYA, SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memenuhi Gelar Sarjana Teknik
Pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

RIZKI ISMI'RAJ DESTIO

NRP. 03211440000048

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

NIP. 19600308 198903 1 001



PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KELURAHAN PUTAT JAYA, SURABAYA

Nama Mahasiswa : Rizki Ismi'Raj Destio
NRP : 0321144000048
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Ir. Eddy Setiadi S, DipL.SE., M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Kelurahan Putat Jaya merupakan salah satu kelurahan di Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya yang memiliki tingkat risiko tinggi terkait dengan permasalahan sanitasi. Kelurahan Putat Jaya menduduki peringkat kedua penderita DBD terbanyak di Surabaya. Salah satu penyebabnya yaitu permasalahan lingkungan yang sering dijumpai akibat pembuangan air limbah domestik yang langsung dibuang ke saluran drainase tanpa diolah terlebih dahulu. Maka dari itu Kelurahan Putat Jaya, Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya perlu melakukan perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL) dan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Pada perencanaan kali ini semua penduduk Kelurahan Putat Jaya terlayani SPAL dan IPAL yaitu sebanyak 48.782 orang, terbagi menjadi 2 *cluster*. Sistem penyaluran air limbah yang digunakan yaitu jenis *shallow sewer* dikarenakan cocok dengan daerah kepadatan penduduk tinggi dan elevasi muka tanah yang landai. Pada unit teknologi pengolahan air limbah domestik digunakan beberapa alternatif teknologi seperti *anaerobic baffled reactor*, *anaerobic filter*, biofilter anaerob-aerob dan *constructed wetland*. Dari beberapa alternatif teknologi tersebut akan dilakukan analisis agar dapat ditentukan alternatif teknologi yang sesuai dengan daerah perencanaan.

Hasil desain menunjukkan sistem penyaluran menggunakan pipa PVC dengan diameter 110–400 mm dengan penanaman pipa SPAL berada dibawah pipa PDAM. Hasil kajian dari berbagai aspek, digunakan kombinasi IPAL dengan sistem *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter* serta klorinasi..

Lahan yang dibutuhkan untuk IPAL *cluster* I seluas 1511,3 m² dan *cluster* II seluas 287,76 m². Anggaran biaya investasi yang dibutuhkan untuk *cluster* I sebesar Rp 38.045.054.966, kemudian untuk *cluster* II sebesar Rp 6.520.566.533. Anggaran biaya operasi dan pemeliharaan dibutuhkan sebesar Rp 6.000/Kepala Keluarga setiap bulan. hasil analisis kelayakan ekonomi maka dapat dikatakan proyek pembangunan SPAL dan IPAL dengan metode *benefit cost ratio*, layak untuk dilaksanakan karena nilai BCR >1 yaitu 3,25.

Kata kunci: *Anaerobic Baffled Reactor, Anaerobic Filter*
Kelurahan Putat Jaya, SPAL

PLANNING OF SEWERAGE SYSTEM AND DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT IN PUTAT JAYA, SURABAYA

Name : Rizki Ismi'Raj Destio
NRP : 03211440000048
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Ir. Eddy Setiadi Soedjono, DipL.SE., M.Sc., Ph.D

ABSTRACT

Putat Jaya is one of the villages in Sawahan Sub-district, Surabaya City which has high risk level related to sanitation problem. Putat Jaya was ranked second most DBD sufferer in Surabaya. One of the causes is environmental problems that are often encountered due to the disposal of domestic wastewater directly discharged into drainage system without being processed first. Therefore, Putat Jaya, Sawahan Sub-district, Surabaya is planned for Sewerage System and Wastewater Treatment Plant (WWTP).

In planning this time all residents of Putat Jaya served sewerage system and WWTP that is 48.782 people, divided into 2 clusters. Wastewater sewerage system used shallow sewer type because it is suitable with high population density area and sloping land elevation. In the domestic wastewater treatment technology unit, several alternative technologies such as anaerobic baffled reactor, anaerobic filter, anaerobic-aerobic biofilter and constructed wetland are used. From several alternative technologies will be analyzed in order to be determined alternative technology in accordance with the planning area.

The design results show the sewerage system using PVC pipe with diameter 110-400 mm with sewerage system pipe planting under water pipe. Result of study from various aspect, used combination of WWTP with Anaerobic Baffled Reactor, Anaerobic Filter and chlorination system. Land needed for WWTP cluster I is 1511,3 m² and cluster II of 287,76 m². The investment cost budget required for cluster I amounted to Rp.38.045.054.966, then for cluster II amounting to Rp.6.520.566.533. The budget for operation and maintenance cost is Rp.6.000 / Head of Family every month. The result economic feasibility analysis can be said

sewerage system and WWTP development project with benefit cost ratio method, feasible to be implemented because the value of $BCR > 1$ is 3,25.

Key words: *Anaerobic Baffled Reactor, Anaerobic Filter, Putat Jaya, Sewerage System*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufiq serta hidayah-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah dan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Di Kelurahan Putat Jaya, Surabaya” dapat berjalan dengan lancar. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi tugas mata kuliah Tugas Akhir serta meningkatkan kemampuan pemahaman bidang teknik lingkungan. Dalam penyusunan laporan ini, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. SE, M.Sc, Ph.D, selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Saya mengucapkan terimakasih atas segala ilmu dan bimbingan yang telah diberikan.
2. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc, Bapak Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng, dan Ibu Alia Damayanti S.T, M.T, Ph.D, selaku dosen penguji. Saya mengucapkan terimakasih atas segala saran serta masukan yang diberikan kepada penulis.
3. Bapak dan Ibu penulis yang telah memberikan semangat, doa serta motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Rekan mahasiswa Teknik Lingkungan angkatan 2014 yang telah mendukung serta membantu tugas akhir ini.
5. Pihak-pihak lain yang terkait yang tidak bias disebutkan satu persatu.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini telah diupayakan sebaik baiknya, namun masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna hasil yang lebih baik.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Perencanaan	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Air Limbah Domestik	5
2.1.1 Sumber dan Karakteristik Air Limbah Domestik	5
2.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik	9
2.3 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik	11
2.4 Debit Air Limbah	13
2.5 Sistem Penyaluran Air Limbah	15
2.5.1 Sistem Penyaluran <i>Shallow Sewer</i>	18
2.5.2 Sistem Perpipaan	19
2.5.3 Bahan Perpipaan	20
2.6 Teknologi Pengolahan	20
2.6.1 <i>Grease Trap</i>	21
2.6.2 Bak Ekualisasi	21
2.6.3 <i>Anaerobic Baffled Reactor (ABR)</i>	22
2.6.4 <i>Anaerobic Filter (AF)</i>	27
2.6.5 Biofilter Anaerobik - Aerobik	29
2.6.5 <i>Constructed Wetland</i>	29
2.7 Metode Pengambilan Contoh Air Limbah	32
2.8 Analisis Kelayakan Ekonomi	33
BAB 3 GAMBARAN UMUM PERENCANAAN	35
3.1 Gambaran Umum Wilayah Perencanaan	35
3.2 Kondisi Sanitasi Wilayah Perencanaan	36
3.3 Lokasi Perencanaan IPAL	37
BAB 4 METODE PERENCANAAN	39

4.1	Gambaran Umum Perencanaan.....	39
4.2	Kerangka Perencanaan	39
4.3	Tahapan Perencanaan	43
BAB 5 ANALISIS HASIL SURVEI		49
5.1	Kuisisioner	49
5.1.1	Sarana Sanitasi.....	51
5.1.2	Kesehatan Masyarakat	53
5.1.3	Sikap Masyarakat	54
5.2	Pembahasan Hasil Kuisisioner.....	56
BAB 6 PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH		59
6.1	Area Pelayanan	59
6.2	Proyeksi Penduduk	59
6.3	Debit Air Limbah SPAL	60
6.4	Pembebanan SPAL	84
6.5	Dimensi Pipa SPAL	106
6.6	Penanaman Pipa SPAL	110
6.7	Bangunan Pelengkap	112
6.7.1	<i>Manhole</i>	112
6.7.2	Bak Kontrol	113
6.8	Profil Hidrolis.....	114
6.9	Removal Ammonia (NH ₃) di SPAL	114
BAB 7 PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK.....		117
7.1	Debit Air Limbah di IPAL.....	117
7.2	Karakteristik Air Limbah Domestik.....	118
7.3	Alternatif Pengolahan Air Limbah Domestik	119
7.3.1	Pemilihan Alternatif Pengolahan Air Limbah Domestik 125	
7.4	Sumur Pengumpul	126
7.4.1	Dimensi Sumur Pengumpul	127
7.4.2	<i>Bar Screen</i>	132
7.4.3	Pompa pada Sumur Pengumpul	132
7.5	Bak Distribusi	136
7.6	<i>Grease Trap</i>	137
7.7	<i>Anaerobic Baffled Reactor</i>	138
7.7.1	<i>Anaerobic Baffled Reactor Cluster I</i>	138
7.7.2	<i>Anaerobic Baffled Reactor Cluster II</i>	150
7.8	<i>Anaerobic Filter</i>	163

7.8.1	<i>Anaerobic Filter Cluster I</i>	163
7.8.2	<i>Anaerobic Filter Cluster II</i>	169
7.9	Desinfeksi	174
7.9.1	Desinfeksi <i>Cluster I</i>	177
7.9.2	Desinfeksi <i>Cluster II</i>	180
7.10	Luas IPAL	184
BAB 8 BILL OF QUANTITY (BOQ) DAN RENCANA ANGGARAN		
BIAYA (RAB)		185
8.1	BOQ SPAL	186
8.1.1	BOQ Perpipaian	186
8.1.2	BOQ Galian dan Urugan	199
8.1.3	<i>Manhole</i>	202
8.1.4	Bak Kontrol	203
8.2	BOQ IPAL	203
8.2.1	Sumur Pengumpul	203
8.2.2	Bak Distribusi	208
8.2.3	Bak Penyeduh Kaporit	212
8.2.4	Bak Kontak	216
8.2.4	Bak Pembubuh Kaporit	220
8.2.5	<i>Anaerobic Baffled Reactor dan Anaerobic Filter</i>	223
8.3	RAB SPAL	231
8.4	RAB Bangunan Pelengkap	233
8.5	RAB IPAL	234
8.5.1	RAB Sumur Pengumpul, Bak Distribusi, Bak Penyeduh Kaporit, Bak Pembubuh Kaporit dan Bak Kontak	234
8.5.2	RAB ABR dan AF	241
8.6	Total RAB SPAL dan IPAL	245
BAB 9 OPERASI DAN PEMELIHARAAN		247
9.1	Operasi dan Pemeliharaan	247
9.2	Tata Cara Pengoperasian	248
9.3	Biaya Retribusi	251
BAB 10 ANALISIS KELAYAKAN EKONOMI		253
10.1	Analisis <i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR)	253
BAB 11 KESIMPULAN & SARAN		259
11.1	Kesimpulan	259
11.2	Saran	260
DAFTAR PUSTAKA		261
BIOGRAFI PENULIS		265

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik Peak Faktor	13
Gambar 2. 2 Grafik Peak Faktor	15
Gambar 2. 3 Grafik <i>Geometric and Hydraulic Ratios for Circular Cross Section</i>	19
Gambar 2. 4 Bak Ekualisasi	22
Gambar 2. 5 Tipikal <i>Removal</i> BOD dan TSS	24
Gambar 2. 6 Grafik Hubungan BOD <i>Removal</i> dengan OLR.....	25
Gambar 2. 7 Grafik Hubungan <i>Wastewater Strength</i> dengan BOD <i>Removal</i>	25
Gambar 2. 8 Grafik Hubungan Temperatur dengan BOD <i>Removal</i>	26
Gambar 2. 9 Grafik Hubungan Jumlah Kompartemen dengan BOD <i>Removal</i>	26
Gambar 2. 10 Grafik Hubungan HRT dengan BOD <i>Removal</i>	26
Gambar 2. 11 Grafik Hubungan COD <i>Removal</i> dengan BOD <i>Removal</i>	27
Gambar 2. 12 Grafik Hubungan HRT dengan BOD <i>Removal</i>	28
Gambar 2. 13 Grafik Hubungan BOD <i>Removal</i> dengan COD <i>Removal</i>	28
Gambar 3. 1 Batas Wilayah Kelurahan Putat Jaya (Gambar Tanpa Skala).....	35
Gambar 3. 2 Kondisi Saluran Drainase di Kelurahan Putat Jaya	37
Gambar 3. 3 Lokasi Perencanaan IPAL Kelurahan Putat Jaya ..	37
Gambar 4. 1 Diagram Alir Kerangka Perencanaan.....	42
Gambar 5. 1 Grafik Pekerjaan Warga Kelurahan Putat Jaya	50
Gambar 5. 2 Grafik Pendapatan Warga Kelurahan Putat Jaya ..	51
Gambar 5. 3 Sumber Air Bersih Warga Kelurahan Putat Jaya ...	52
Gambar 5. 4 Grafik Kepemilikan Jamban di Kelurahan Putat Jaya	52
Gambar 5. 5 Grafik Pengurusan Septik Tank di Kelurahan Putat Jaya	53
Gambar 5. 6 Grafik Warga Kelurahan Putat Jaya	54
Gambar 5. 7 Grafik Kesiediaan Warga Dibangun IPAL Di Kelurahan Putat Jaya.....	54
Gambar 5. 8 Grafik Kesiediaan Warga Membayar Retribusi	55
Gambar 5. 9 Grafik Kemampuan Warga Membayar Retribusi ...	56

Gambar 6. 1 Faktor Peak <i>Cluster</i> I.....	72
Gambar 6. 2 Faktor Peak <i>Cluster</i> II.....	72
Gambar 6. 3 Grafik Hydraulic Elements for Circular Sewer	108
Gambar 6. 4 Grafik Hydraulic Elements for Circular Sewer	109
Gambar 7. 1 Alternatif 1 IPAL Domestik.....	121
Gambar 7. 2 Alternatif 2 IPAL Domestik.....	121
Gambar 7. 3 Alternatif 3 IPAL Domestik.....	121
Gambar 7. 4 Grafik Volume Efektif Sumur Pengumpul.....	129
Gambar 7. 5 Grafik Volume Efektif Sumur Pengumpul.....	131
Gambar 7. 6 Grafik Hubungan Total Head dan Kpasitas Pompa	135
Gambar 7. 7 Grafik Percent Removal BOD dan TSS berdasarkan Td.....	139
Gambar 7. 8 Grafik Penyisihan COD pada Bak Pengendap.....	140
Gambar 7. 9 <i>Mass Balance</i> BOD, TSS dan COD Setelah melewati Kompartemen I ABR	141
Gambar 7. 10 <i>Mass Balance</i> BOD, TSS dan COD Setelah Melawati ABR	149
Gambar 7. 11 Grafik Percent Removal BOD dan TSS berdasarkan Td.....	151
Gambar 7. 12 Grafik Penyisihan COD pada Bak Pengendap ..	152
Gambar 7. 13 <i>Mass Balance</i> BOD, TSS dan COD Setelah melewati Kompartemen I ABR	153
Gambar 7. 14 <i>Mass Balance</i> BOD, TSS dan COD Setelah Melawati ABR	162
Gambar 7. 15 <i>Mass Balance</i> BOD, TSS dan COD Setelah Melawati AF	167
Gambar 7. 16 <i>Mass Balance</i> BOD, TSS dan COD Setelah Melawati AF	172
Gambar 7. 17 Diagram efisiensi penurunan Total Koliform dengan variasi waktu kontak dengan td	176
Gambar 8. 1 Tahap Penyusunan RAB.....	186
Gambar 8. 2 Galian Normal Pipa Penyalur Limbah	199
Gambar 8. 3 Bentuk Galian yang Direncanakan Sepanjang Saluran	201

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tipikal Kuantitas dan Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga.....	6
Tabel 2. 2 Karakteristik Air Limbah Domestik Kawasan Pemukiman di Surabaya	9
Tabel 2. 3 Baku Mutu Air Limbah Domestik Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 68 tahun 2016	10
Tabel 2. 4 Baku Mutu Air Limbah Domestik Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 72 tahun 2013.....	10
Tabel 2. 5 Baku Mutu Air Limbah Domestik yang Dipakai	11
Tabel 2. 6 Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan Kategori Kota	14
Tabel 2. 7 Jarak Antar Manhole pada Jalur Lurus	16
Tabel 2. 8 Kriteria Perencanaan Sistem Penyaluran <i>Shallow Sewer</i>	18
Tabel 2. 9 Perbandingan Pengolahan secara Anaerobik dan Aerobik.....	21
Tabel 2. 10 Kriteria Desain <i>Constructed Wetland</i>	31
Tabel 2. 11 Karakteristik Tipikal Media Untuk <i>Sub-Surface Flow System</i>	31
Tabel 5. 1 Profil Umur Responden	50
Tabel 6. 1 Perhitungan Debit Air Limbah Rata-Rata Tiap Jalur <i>Cluster I</i>	61
Tabel 6. 2 Perhitungan Debit Air Limbah Rata-Rata Tiap Jalur <i>Cluster II</i>	70
Tabel 6. 3 Perhitungan Debit Peak dan Debit Minimum Tiap Jalur <i>Cluster I</i>	73
Tabel 6. 4 Perhitungan Debit Peak dan Debit Minimum Tiap Jalur <i>Cluster II</i>	82
Tabel 6. 5 Pembebanan Tiap Pipa <i>Cluster I</i>	84
Tabel 6. 6 Perhitungan Pembebanan Tiap Jalur <i>Cluster II</i>	103
Tabel 6. 7 Kecepatan Pengaliran Pipa Minimal Saat <i>Full Flow</i>	107
Tabel 6. 8 Kapasitas Air Penggelontor	110
Tabel 6. 9 Jarak Antar <i>Manhole</i>	113
Tabel 7. 1 Karakteristik Air Limbah Domestik Kelurahan Putat Jaya	118
Tabel 7. 2 Perbandingan Pengolahan Secara Aerob dan Anaerob	120

Tabel 7. 3 Efisiensi Removal Tiap Unit Pengolahan	122
Tabel 7. 4 Perhitungan Removal Alternatif 1	123
Tabel 7. 5 Perhitungan Removal Alternatif 2	123
Tabel 7. 6 Perhitungan Removal Alternatif 3	124
Tabel 7. 7 Debit Fluktuasi Air Limbah.....	127
Tabel 7. 8 Debit Fluktuasi Air Limbah.....	130
Tabel 7. 9 Spesifikasi Pompa C2113-590	135
Tabel 7. 10 Efisiensi Pengolahan dengan ABR <i>Cluster I</i>	150
Tabel 7. 11 Efisiensi Pengolahan dengan ABR <i>Cluster II</i>	162
Tabel 7. 12 Efisiensi Pengolahan dengan AF <i>Cluster I</i>	167
Tabel 7. 13 Efisiensi Pengolahan dengan AF <i>Cluster II</i>	173
Tabel 7. 14 Penurunan Total Koliform	176
Tabel 7. 15 Kualitas <i>Effluent</i> Air Limbah <i>Cluster I</i>	180
Tabel 7. 16 Kualitas <i>Effluent</i> Air Limbah <i>Cluster II</i>	184
Tabel 8. 1 Panjang Pipa Tiap Jalur <i>Cluster I</i>	187
Tabel 8. 2 Panjang Pipa Tiap Jalur <i>Cluster II</i>	197
Tabel 8. 3 Standar Urugan Galian yang Diperkenankan.....	200
Tabel 8. 4 BOQ <i>Manhole</i> Seluruh <i>Cluster</i>	203
Tabel 8. 5 RAB SPAL <i>Cluster I</i>	231
Tabel 8. 6 RAB SPAL <i>Cluster II</i>	232
Tabel 8. 7 HSPK 1 Unit <i>Manhole</i> Tipikal	233
Tabel 8. 8 HSPK 1 Unit Bak Kontrol Tipikal	233
Tabel 8. 9 RAB Bangunan Pelengkap Seluruh <i>Cluster</i>	234
Tabel 8. 10 RAB Sumur Pengumpul <i>Cluster I</i>	235
Tabel 8. 11 RAB Sumur Pengumpul <i>Cluster II</i>	235
Tabel 8. 12 RAB Bak Distribusi <i>Cluster I</i>	236
Tabel 8. 13 RAB Bak Distribusi <i>Cluster II</i>	237
Tabel 8. 14 RAB Bak Penyeduh Kaporit <i>Cluster I</i>	237
Tabel 8. 15 RAB Bak Penyeduh Kaporit <i>Cluster II</i>	238
Tabel 8. 16 RAB Bak Kontak <i>Cluster I</i>	239
Tabel 8. 17 RAB Bak Kontak <i>Cluster II</i>	240
Tabel 8. 18 RAB Bak Pembubuh Kaporit <i>Cluster I</i>	240
Tabel 8. 19 RAB Bak Pembubuh Kaporit <i>Cluster II</i>	241
Tabel 8. 20 RAB ABR & AF <i>Cluster I</i>	241
Tabel 8. 21 RAB ABR & AF <i>Cluster II</i>	243
Tabel 8. 22 Total Biaya Investasi SPAL & IPAL	245
Tabel 9. 1 Biaya Operasi & Pemeliharaan <i>Cluster I</i>	252
Tabel 9. 2 Biaya Operasi & Pemeliharaan <i>Cluster II</i>	252
Tabel 10. 1 Total Nilai Biaya dan Manfaat.....	256

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Pendukung
- Lampiran 2 Dimensi Pipa SPAL
- Lampiran 3 Penanaman Pipa SPAL
- Lampiran 4 Jumlah *Manhole*
- Lampiran 5 BOQ SPAL
- Lampiran 6 HSPK SPAL dan IPAL
- Lampiran 7 Gambar *Detail Engineering Design* (DED)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya arus pembangunan di kota-kota besar memberikan dampak yang cukup besar pada pertumbuhan penduduk. Peningkatan jumlah penduduk tersebut selalu berbanding lurus dengan pertumbuhan di berbagai sektor penunjang kehidupan lainnya seperti sektor pemukiman dan perumahan yang tumbuh semakin cepat. Perkembangan sektor perumahan dan pemukiman tersebut menuntut adanya pembangunan infrastruktur dasar pelayanan publik yang lebih baik. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pelayanan prasarana lingkungan seperti infrastruktur air bersih dan sistem sanitasi, penyediaan rumah dan transportasi yang baik untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhan kota dapat menjadi penyebab utama timbulnya berbagai masalah di kota-kota pada negara berkembang. (Wulandari, 2014)

Kurang memadainya sarana dan prasarana kebersihan di suatu wilayah pemukiman akan sangat berdampak besar pada kualitas lingkungan dan kesehatan di wilayah tersebut. Hal ini disebabkan keberadaan prasarana lingkungan merupakan kebutuhan yang paling penting yang secara langsung maupun tidak langsung berpengaruh terhadap kesehatan dan kesejahteraan manusia. Tingkat kenyamanan seseorang dalam bertempat tinggal ditandai dengan terpenuhinya kebutuhan, termasuk juga prasarana lingkungan. Prasarana lingkungan merupakan kelengkapan fisik dasar suatu lingkungan perumahan diantaranya tersedianya sarana dan prasarana sanitasi lingkungan.

Sanitasi lingkungan adalah status kesehatan suatu lingkungan yang mencakup perumahan, pembuangan kotoran, penyediaan air bersih dan sebagainya (Notoadmojo, 2005). Masalah sanitasi, khususnya sanitasi di perkotaan merupakan isu yang krusial dan selalu menarik perhatian banyak pihak saat ini. Selain permasalahannya yang kompleks, sanitasi lingkungan berperan besar dalam upaya meningkatkan derajat kehidupan dan kesehatan masyarakat, terutama pada masyarakat lapisan bawah. Sanitasi lingkungan terkait dengan peningkatan kebersihan /

higienis dan pencegahan berjangkitnya penyakit yang berhubungan dengan faktor-faktor lingkungan. Beberapa faktor lingkungan yang berhubungan dengan sanitasi tersebut termasuk penanganan air limbah rumah tangga yang berasal dari mandi, cuci, dan limbah tinja dari kakus/ *Water Closet (WC)*.

Kota Surabaya merupakan salah satu Kota di Jawa Timur yang telah melaksanakan Program PPSP (Percepatan Pembangunan Sanitasi Permukiman). Salah satu permasalahan yang dihadapi Pemerintah Kota Surabaya adalah belum terpenuhinya target *Universal Access* yang sudah ditetapkan dalam bidang kesehatan (EHRA, 2010). Kebiasaan masyarakat buang air besar sembarangan, tidak memiliki tangki septik, dan membuang air bekas cucian ke got maupun badan air secara langsung, menjadi penyumbang pencemaran terbesar. Menurut Kepala Badan Lingkungan, 50% pencemaran yang terjadi di Kali Surabaya berasal dari limbah rumah tangga. Sebagai kota yang memanfaatkan air sungai sebagai air baku untuk air minum, hal ini sangat merugikan karena setiap penambahan beban BOD sebesar 1 mg/l akan menyebabkan kenaikan biaya pengolahan sebesar Rp 9,17/m³ (Kementrian PU, 2013). Tidak hanya itu, sanitasi perkotaan yang tidak dikelola dengan baik juga akan membawa dampak negatif bagi kesehatan, buruknya sanitasi perkotaan dapat menyebabkan munculnya berbagai macam penyakit terutama diare dan demam berdarah (Cahyani dan Rahmawati, 2015).

Kelurahan Putat Jaya merupakan salah satu kelurahan di Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya yang memiliki tingkat risiko tinggi terkait dengan permasalahan sanitasi. Kelurahan Putat Jaya menduduki jumlah penduduk tertinggi kedua di Surabaya terkait kasus DBD dan menjadi salah satu wilayah endemis DBD di Surabaya (Cahyani dan Rahmawati, 2015). Pada Kelurahan Putat Jaya juga terdapat daerah *ex-lokalisasi* yaitu Dolly yang tepatnya berada pada Dukuh Kupang, hal ini yang menyebabkan Kelurahan Putat Jaya menjadi salah satu kelurahan di Surabaya yang menjadi prioritas dibangunnya IPAL oleh Pemkot Surabaya. Oleh sebab itu, perlu direncanakan suatu sistem yang terintegrasi untuk mengatasi dan mencegah permasalahan yang ada sehingga tercipta lingkungan hidup yang sehat dan berkualitas.

1.2 Rumusan Masalah

Masyarakat Kelurahan Putat Jaya, Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya langsung membuang limbah non kakus yang dihasilkan ke saluran drainase, hal ini menyebabkan saluran drainasenya menjadi sangat kotor dan sarang penyakit sehingga menjadikan Kelurahan Putat Jaya menduduki peringkat tertinggi kedua se-Surabaya terkait jumlah penderita DBD. Oleh karena itu perlu adanya suatu sistem pengolahan air limbah domestik yang terintegrasi sehingga tercipta lingkungan hidup yang sehat dan berkualitas.

1.3 Tujuan Perencanaan

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan perencanaan ini antara lain:

1. Merencanakan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL) dan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk melayani air buangan yang dihasilkan masyarakat di Kelurahan Putat Jaya, Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya.
2. Menentukan Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk mengetahui biaya pembangunan SPAL dan IPAL untuk permukiman di Kelurahan Putat Jaya, Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya.
3. Menghitung analisis ekonomi terkait biaya investasi dan biaya OM dari pembangunan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL) dan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Kelurahan Putat Jaya, Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya sehingga dapat ditentukan kelayakan ekonominya.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam perencanaan ini antara lain:

1. Area perencanaan adalah pemukiman penduduk di Kelurahan Putat Jaya, Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya.
2. Aspek yang dikaji adalah aspek teknis dan finansial.
3. Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder yang diambil dari instansi terkait.
4. Limbah yang diolah dalam perencanaan ini adalah limbah non kakus dan limbah kakus.

5. Parameter yang diolah adalah BOD, COD, TSS, pH, amoniak, total koliform, minyak dan lemak.
6. Jenis penyaluran yang didesain yaitu *Shallow Sewer*.
7. Perhitungan Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan sistem IPAL mengacu pada Harga Satuan Pokok (HSPK) Kota Surabaya, Tahun 2018.
8. Baku mutu yang digunakan yaitu Permen LHK no. 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dan Pergub Jatim no. 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan / atau Kegiatan Usaha Lainnya.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diambil dalam perencanaan ini antara lain:

1. Memberikan solusi mengenai perencanaan SPAL dan IPAL yang dapat dipergunakan masyarakat di Kelurahan Putat Jaya, Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya.
2. Memberikan rekomendasi kepada masyarakat, *stakeholder*, dan instansi terkait mengenai sistem sanitasi terintegrasi yang tepat dan rencana pembiayaan untuk direalisasikan guna menciptakan lingkungan hidup yang sehat dan berkualitas.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Domestik

Metcalf dan Eddy (2003) mengemukakan definisi air limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah-sampah cair yang berasal dari pemukiman, perdagangan, perkantoran, dan industri bersama-sama dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan yang mungkin ada. Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama (Kepmen LH no.112/2003). Sedangkan menurut Permen PUPR no.4/2017, air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama.

2.1.1 Sumber dan Karakteristik Air Limbah Domestik

Limbah domestik sebagian besar bersumber dari WC, kamar mandi, cucian pakaian, dapur (penyiapan makanan), ditambah limbah yang dihasilkan karena fungsi khusus, seperti kegiatan membersihkan di pasar atau restoran, sistem pendingin terpusat, dan lain-lain. Namun karakteristik dan kuantitas limbah seperti di hotel, kantor, tempat ibadah, dan tempat-tempat lain tentu saja berbeda. Karenanya, penting disadari bahwa tingkat pencemaran dari masing-masing produk tadi berbeda-beda, sehingga perlu pengolahan yang berbeda-beda pula. (KemenPU, 2013)

Menurut KemenPU (2013) limbah cair rumah tangga dapat dibedakan sebagai limbah non kakus dan limbah kakus, menjelaskan karakteristik air limbah rumah tangga. *Black water* dihasilkan dari WC sebagai pembuangan (*user-interface*). Dalam rumah tangga miskin, limbah ini sering dibuang saja ke cubluk atau sebagian kecil ke tangki septik. *Black water* terdiri dari:

- *Urine*, banyak mengandung nitrogen dan limbah lain. Dalam konteks ini, urine adalah air kencing murni yang tidak tercampur tinja atau air,
- *Tinja*, tanpa urine dan air pembersih,
- Air pembersih anus, air hasil bersih tubuh setelah buang air besar dan/atau air kecil. Ini hanyalah air yang dihasilkan

oleh pengguna untuk membersihkan anus dan tidak termasuk materi kering seperti kertas toilet/ tisu, dan lain-lain.

- Materi pembersih dan materi lainnya dapat berupa kertas toilet, tongkol jagung, kain lap, batu dan/atau materi kering lainnya yang dipakai untuk membersihkan anus (sebagai pengganti air). Tergantung kepada sistemnya, materi pembersih kering mungkin dibuang ke kloset atau dikumpulkan secara terpisah. Walau sangat penting, produk khusus untuk kebersihan seperti pembalut untuk haid tidak termasuk di sini.
- Air guyur - air yang dipakai untuk menggelontor kotoran manusia dari jamban (*user interface*). Air tawar, air hujan, air limbah rumah tangga yang didaur ulang, atau kombinasi ketiganya bisa dipakai sebagai sumber air guyur.

limbah non kakus pada dasarnya adalah air limbah yang dihasilkan dari air bekas mandi, mencuci pakaian, dan buangan cair dari dapur. Air seperti ini mencapai sekitar 60% dari air limbah yang dihasilkan oleh rumah tangga dengan WC guyur. limbah non kakus sangat mudah terkontaminasi kotoran manusia sehingga mengandung bakteri patogen. Selain itu, limbah non kakus seringkali mengandung material organik karena buangan yang berasal dari dapur. Material organik ini umumnya mudah mengurai secara alamiah (*easily biodegradable*) dan sering dibuang ke dalam WC atau drainase tersier.

Tabel 2. 1 Tipikal Kuantitas dan Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga

Limbah	Q liter/orang.h ari	pH	BOD g/orang.h ari	TSS g/orang.h ari	Minyak dan Lemak (mg/l)
Tinja	0,15	7 - 7,5	14-33,5	30	
Air Kencing	1,25	7 (4,5 - 8)	5-6	20-60	

Limbah	Q liter/orang.h ari	pH	BOD g/orang.h ari	TSS g/orang.h ari	Minya k dan Lema k (mg/l)
Pembersih Anus	10,5	7			
Air Guyur	12 – 48	7			
Grey water	Rumah tipe A dan B 20–30	6,5 – 8,4	20-50	10-30	Kamar Mandi 37-78 mg/l
	Tipe C dan D				Cucian Pakaian 8–35 mg/l
	90–120				Dapur 1000 mg/l

Sumber: Kujawa, 2005 dan Morel dan Diener, 2006

Air limbah memiliki karakteristik fisik, kimia dan biologi. Karakteristik air limbah antara lain:

- Kekeruhan**
Kekeruhan dapat disebabkan oleh hadirnya bahan organik atau anorganik, misalnya lumpur (KemenPU, 2003).
- Warna**
Warna merupakan indikasi adanya bahan-bahan tertentu di dalam air limbah. Hasil penelitian LPM-ITB (1994) dalam Kodoatie dan Sjarief (2005); Mahida (1986), menyatakan bahwa air limbah domestik segar biasanya berwarna abu-abu, sedangkan pada keadaan septik, telah mengalami dekomposisi, air limbah domestik akan berwarna hitam.
- Bau dan rasa**
Penyebab bau dan rasa dapat berupa hadirnya mikroorganisme seperti alga, adanya gas seperti H_2S dan sebagainya. Dari segi estetika, air yang memiliki rasa dan bau dipandang mengganggu (KemenPU, 2003).

- d. Temperatur
Temperatur air buangan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur air biasa. Temperatur air buangan dipengaruhi oleh adanya aktivitas mikroba, kelarutan gas, dan viskositas (Qasim, 1985).
- e. Derajat pH
pH mengindikasikan bahwa air limbah domestik bersifat asam atau basa. Agar proses pengolahan dapat berjalan dengan mudah dan untuk mengurangi efek negatif yang dihasilkan, air limbah domestik harus berada pada rentang pH 6,5-8,4 (Morel dan Diener, 2006).
- f. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)
BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Secara tidak langsung, BOD merupakan gambaran kadar bahan organik, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air (Davis dan Cornwell, 1991 dalam Effendi, 2003)
- g. *Chemical Oxygen Demand* (COD)
COD adalah jumlah oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 L sampel air, dimana pengoksidasi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air. Analisa COD berbeda dengan analisa BOD namun perbandingan antara angka COD dan angkat BOD dapat ditetapkan (Morel dan Diener, 2006).
- h. *Dissolved Oxygen* (DO)
DO berasal dari udara maupun proses fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan air (Setiarini dan Mangkoediharjo, 2013). Menurut Nurhasanah (2009), DO penting dalam pengoperasian sistem saluran pembuangan maupun bangunan pengolahan limbah. Air bersih biasanya jenuh akan oksigen, namun dengan cepat akan berkurang apabila limbah organik ditambahkan ke dalamnya. Derajat

kandungan oksigen dalam air limbah sangat bervariasi dan sama sekali tidak stabil.

i. Mikroorganisme

Pengolahan air limbah secara biologis dapat didefinisikan sebagai suatu proses yang melibatkan kegiatan mikroorganisme dalam air untuk melakukan transformasi senyawa-senyawa kimia yang terkandung dalam air menjadi bentuk atau senyawa lain. Mikroorganisme mengkonsumsi bahan-bahan organik membuat biomassa sel baru serta zat-zat organik dan memanfaatkan energi yang dihasilkan dari reaksi oksidasi untuk metabolismenya (Metcalf dan Eddy, 2003).

j. Bahan anorganik lain

Bahan anorganik dalam air dapat berupa Ag, Al, As, Ba, Br, Cd, Cl, Cr, Cu, F, Hg, H₂S, PO₄, Pb, Se, Zn, dan lain-lain (KemenPU, 2003).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Kadariswan (2007), mengenai karakteristik air limbah domestik yang dilakukan di sebuah kawasan pemukiman di Surabaya didapatkan hasil seperti pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Karakteristik Air Limbah Domestik Kawasan Pemukiman di Surabaya

Parameter	Satuan	Konsentrasi
pH	-	6,7
TSS	mg/l	43,67
COD	mg/l O ₂	93,67
BOD	mg/l O ₂	45,33
N (Amonium)	mg/l NH ₃ -N	148,65
P (Phosphat)	mg/L PO ₄ -P	4,65
Total Coliform	MPN/100 ml	15,16 x 10 ⁶

Sumber : Kadariswan (2007)

2.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Baku mutu air limbah domestik diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Baku mutu tersebut

mensyaratkan batas maksimum untuk tiap parameter air limbah domestik seperti tercantum dalam Tabel 2.3. Sedangkan di Provinsi Jawa Timur sendiri terdapat baku mutu air limbah domestik yang diatur dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan / atau Kegiatan Usaha Lainnya. Baku mutu tersebut mensyaratkan batas maksimum untuk tiap parameter air limbah domestik seperti tercantum dalam Tabel 2.4. Sehingga dalam penentuan baku mutu air limbah domestik akan dipilih yang terketat seperti tercantum dalam Tabel 2.5

Tabel 2. 3 Baku Mutu Air Limbah Domestik Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 68 tahun 2016

Parameter	Satuan	Baku Mutu
pH	-	6-9
TSS	mg/L	30
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
Minyak dan Lemak	mg/L	5
Ammonia	mg/L	10
Total Coliform	MPN/100 mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber: Permen LHK 68/2016

Tabel 2. 4 Baku Mutu Air Limbah Domestik Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 72 tahun 2013

Parameter	Satuan	Baku Mutu
pH	-	6-9
TSS	mg/L	50
BOD ₅	mg/L	30
COD	mg/L	50
Minyak dan Lemak	mg/L	10
Debit	L/orang/hari	120

Sumber: Pergub Jatim 72/2013

Tabel 2. 5 Baku Mutu Air Limbah Domestik yang Dipakai

Parameter	Satuan	Baku Mutu
pH	-	6-9*
TSS	mg/L	30*
BOD	mg/L	30*
COD	mg/L	50**
Minyak dan Lemak	mg/L	5*
Ammonia	mg/L	10*
Total Coliform	MPN/100 mL	3000*
Debit	L/orang/hari	100*

Sumber : * Permen LH Nomor 68 / 2016

** Pergub Jatim Nomor 72 / 2013

2.3 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik

Menurut Permen PUPR no.4/2017, Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik (SPALD) adalah serangkaian kegiatan pengelolaan air limbah domestik dalam satu kesatuan dengan prasarana dan sarana pengelolaan air limbah domestik. Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik terdiri dari 2 bagian antara lain SPALD Setempat dan SPALD Terpusat. Pada SPALD Setempat cakupan pelayanan hanya 2 – 10 rumah sedangkan cakupan untuk SPALD Terpusat adalah 50 – 20.000 jiwa. Berikut merupakan hal yang menjadi pertimbangan dalam menentukan SPALD:

a. **Kepadatan Penduduk**

Tingkat kepadatan penduduk yang biasa digunakan dalam perencanaan SPALD yaitu 150 (seratus lima puluh) jiwa/Ha.

b. **Kedalaman Muka Air Tanah**

Kedalaman muka air tanah digunakan sebagai kriteria dalam penetapan SPALD. Untuk muka air tanah lebih kecil dari 2 (dua) meter atau jika air tanah sudah tercemar, digunakan SPALD-T.

c. **Kemiringan Tanah**

Penerapan jaringan pengumpulan air limbah domestik sesuai jika kemiringan tanah sama dengan atau lebih dari 2% (dua persen), sedangkan shallow sewer dan small bore sewer dapat digunakan pada berbagai kemiringan tanah.

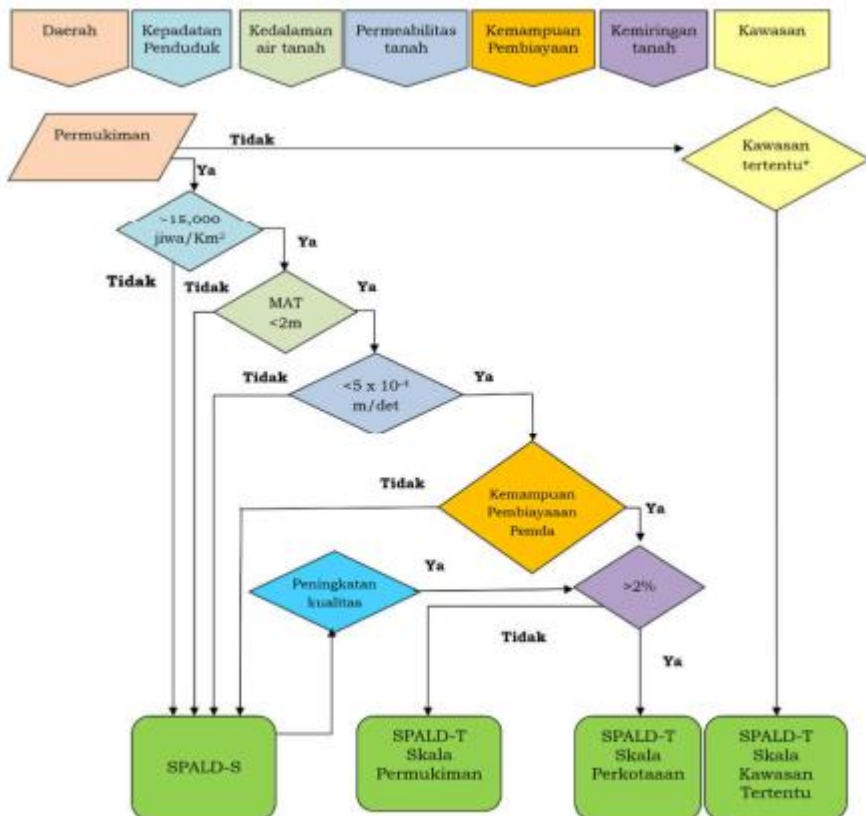
d. Permeabilitas Tanah

Permeabilitas tanah sangat mempengaruhi penentuan jenis SPALD, khususnya untuk penerapan Sub-sistem Pengolahan Setempat (cubluk maupun tangki septik dengan bidang resapan). Untuk mengetahui besar kecilnya permeabilitas tanah dapat diperkirakan dengan memperhatikan jenis tanah dan angka infiltrasi tanah atau berdasarkan tes perkolasi tanah. Permeabilitas yang efektif yaitu 5×10^{-4} m/detik dengan jenis tanah pasir halus sampai dengan pasir yang mengandung lempung.

e. Kemampuan Pembiayaan

Kemampuan pembiayaan dapat mempengaruhi pemilihan jenis SPALD, terutama kemampuan Pemerintah Daerah dalam membiayai pengoperasian dan pemeliharaan SPALD-T

Dasar pertimbangan yang utama dalam pemilihan teknologi SPALD yaitu kepadatan penduduk. Kepadatan penduduk >150 jiwa/Ha (15.000 jiwa/ Km^2) dapat menerapkan sistem SPALD-T, sedangkan untuk kepadatan penduduk kurang dari 150 jiwa/Ha masih terdapat beberapa pertimbangan lainnya, seperti sumber air yang ada, kedalaman air tanah, permeabilitas tanah, kemiringan tanah, ketersediaan lahan, termasuk kemampuan membiayai. Berikut merupakan gambar diagram alir pemilihan jenis SPALD.



* kawasan tertentu merupakan kawasan komersial, rumah susun, pertokoan,

Gambar 2. 1 Grafik Peak Faktor

Sumber : Permen PUPR no.4/2017

2.4 Debit Air Limbah

Debit air limbah dibagi menjadi 3 yaitu debit rata-rata air limbah (Q_{ave}), debit jam puncak air limbah (Q_{peak}), debit minimum air limbah (Q_{min}). Debit rata-rata air limbah dihasilkan dari jumlah rata-rata air limbah yang dihasilkan selama 24 jam sesuai dengan data debit tahunan (Metcalf dan Eddy, 1981). Debit air limbah domestik secara umum ditentukan dari konsumsi air bersih dengan faktor 70 – 80% dari pemakaian air bersih (Metcalf

dan Eddy, 1981). Sedangkan untuk penentuan kebutuhan air bersih per orang hari ditentukan melalui banyaknya penduduk dalam kota tersebut (KemenPU, 2013). Ketentuan tersebut dapat dilihat pada tabel 2.6

Tabel 2. 6 Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan Kategori Kota

Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Jiwa				
	>1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	<20.000
	0	0	0	0	0
	Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
Konsumsi unit sambungan rumah (SR) l/o/h	190	170	130	100	80
Konsumsi unit hidran umum (HU) l/o/h	30	30	30	30	30
Konsumsi unit non domestik l/o/h (%)	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30

Sumber: KemenPU, 2013

Berikut merupakan formula penentuan debit air limbah rata-rata:

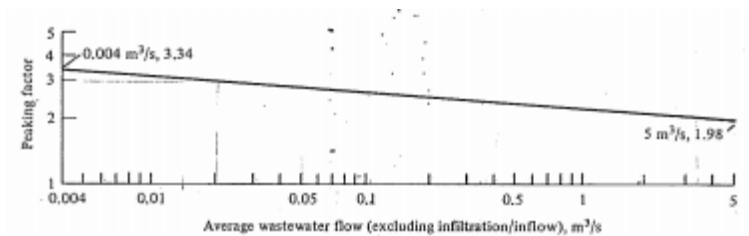
$$Q_{ave} = Q_w \times (70 - 80\%) \dots \dots \dots (1.1)$$

Dimana:

Q_{ave} = Debit air limbah (liter/orang.hari)

Q_w = Debit rata-rata penggunaan air bersih (liter/orang.hari)

Debit puncak didapat dari hasil perkalian antara faktor puncak dengan debit rata-rata. Faktor puncak untuk menghitung Q_{peak} didapatkan dari grafik berikut ini.



Gambar 2. 2 Grafik Peak Faktor

Sumber : Metcalf dan Eddy, 1981

Berikut merupakan formula penentuan debit puncak air limbah domestik:

Debit puncak

$$Q_{\text{peak}} = f_{\text{peak}} \times Q_{\text{ave}} \dots \dots \dots (1.2)$$

Dimana:

Q_{peak} = debit air limbah puncak (L/detik)

f_{peak} = faktor puncak

Q_{ave} = debit air limbah rata (L/detik)

Menurut Metcalf dan Eddy (2003) Q_{min} berguna dalam penentuan ukuran saluran untuk menghindari terjadinya pengendapan solid dalam pipa. Debit minimum adalah debit air buangan pada saat pemakaian air minimum. Debit minimum juga dapat digunakan untuk menentukan kedalaman minimum, untuk menentukan perlu tidaknya penggelontoran (Qasim, 1985). Berikut merupakan rumus penentuan Q_{min} :

$$Q_{\text{min}} = 1/5 \times (P/1000)^{1.2} \times Q_{\text{ave}} \dots \dots \dots (1.3)$$

dimana: Q_{min} = debit air limbah minimum (L/det)

Q_{ave} = debit air limbah rata-rata (L/det)

P = jumlah penduduk

2.5 Sistem Penyaluran Air Limbah

Metcalf dan Eddy (1981) mengklasifikasikan system penyaluran air limbah menjadi 3 tipe yaitu *sanitary* atau saluran terpisah, *storm-water*, dan gabungan. Syarat-syarat penyaluran air limbah menurut Permen PUPR no.4/2017 yang harus diperhatikan dalam perencanaan jaringan saluran air limbah, antara lain:

1. Pengairan secara gravitasi.
2. Batasan kecepatan minimum dan maksimum harus diperhatikan. Kecepatan minimum untuk memungkinkan

terjadi *self cleansing*, sehingga bahan padatan yang terdapat didalam saluran tidak mengendap di dasar pipa dan agar tidak mengakibatkan penyumbatan. Sedangkan kecepatan maksimum mencegah pengikisan pipa oleh bahan-bahan padat yang terdapat di dalam saluran.

3. Jarak antara *manhole* pada perpipaan mengurangi akumulasi gas dan memudahkan pemeliharaan saluran. Lokasi penempatan *manhole* sebagai berikut.
 - a. Pada jalur saluran yang lurus, dengan jarak tertentu tergantung diameter saluran, seperti pada Tabel 2.6, tapi perlu disesuaikan juga terhadap panjang peralatan pembersih yang akan dipakai.
 - b. Pada setiap perubahan kemiringan saluran, perubahan diameter, dan perubahan arah aliran, baik vertikal maupun horizontal.
 - c. Dimensi manhole minimal yaitu 50 cmx 50 cm atau diameter 60 cm
 - d. Pada lokasi sambungan, persilangan atau percabangan (*intersection*) dengan pipa atau bangunan lain.

Tabel 2. 7 Jarak Antar Manhole pada Jalur Lurus

Diameter (mm)	Jarak antar Manhole (m)
20-50	50-75
50-75	75-125
100-150	125-150
150-200	150-200
1000	100-150

Sumber: Permen PUPR no.4/2017

4. Bangunan penggelontor ditempatkan setiap garis pipa dimana kecepatan pembersihan (*self-cleansing*) tidak tercapai akibat kemiringan tanah/ pipa yang terlalu landai atau kurangnya kapasitas aliran.
5. Stasiun pompa sebagai stasiun angkat (*lift station*), dipasang pada setiap jarak tertentu pada jaringan perpipaan yang sudah cukup dalam agar air tetap dapat mengalir. Pompa merupakan suatu alat yang digunakan untuk

memindahkan zat cair dari permukaan yang rendah ke permukaan yang lebih tinggi. Dalam perencanaan SPAL biasanya digunakan pompa *submersible*, Pompa *submersible* adalah sebuah pompa yang dirancang khusus, dimana motor dan komponen-komponen lainnya tertutup rapat, karena pada penggunaannya nanti seluruh permukaan pompa ini akan terendam ke dalam cairan. Pompa ini diletakkan di dalam cairan dan mendorong cairan melalui pipa-pipa salurannya (Siloker, 2013). Berikut merupakan rumus yang digunakan dalam menghitung *Head* pompa

Head pompa = *Head* statis + *Head* sistem + *Head* sisa tekan

Dimana:

Head statis = Jarak dari muka air sampai pipa tertinggi (m)

Head sistem = *Headlosses* mayor dan minor (m)

Head sisa tekan = sisa tekan yang dibutuhkan agar sesuai kebutuhan (m)

$$\text{Head sistem} = \text{Mayor losses} + \text{minor losses} + \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (1.5)$$

$$H_f \text{ mayor} = \left[\frac{Q}{0,00155 \cdot C \cdot D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \dots \dots \dots (1.6)$$

$$H_f \text{ minor} = n \times K \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (1.7)$$

Dimana: Q = Debit air limbah (L/det)
 c = koefisien kekasaran pipa
 D = Diameter pipa (cm)
 L = Panjang pipa (m)
 K = Koefisien asesoris pipa
 n = Jumlah asesoris pipa
 v = Kecepatan aliran air dalam pipa (m/det)
 v = Kecepatan gravitasi (m/det²)

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam sistem penyaluran air limbah menurut Metcalf dan Eddy (1981) antara lain:

1. Konstanta Manning = 0,013 (saluran yang sudah ada dan terbangun dengan baik)
 = 0,015 (saluran baru)
2. Kecepatan minimum = 0,6 m/detik
3. Kecepatan maksimum = 2,5 – 3,0 m/detik

2.5.1 Sistem Penyaluran *Shallow Sewer*

Menurut Permen PUPR no.4/2017, sistem penyaluran *Shallow Sewer* menyalurkan air limbah skala kecil, dengan kemiringan pipa yang lebih landai. Perpipaan air limbah domestik dangkal tergantung pada pembilasan air limbah untuk mengangkut buangan padat jika dibandingkan dengan cara konvensional yang mengandalkan self cleansing. Sistem penyaluran *Shallow Sewer* ini dipertimbangkan untuk daerah perkampungan dengan kepadatan penduduk tinggi yang sebagian besar penduduknya sudah memiliki suplai air bersih dan kamar mandi pribadi. Sistem ini melayani air limbah domestik dari kamar mandi, cucian, pipa servis, pipa lateral serta dilengkapi dengan pengolahan air limbah. Berikut merupakan kriteria perencanaan sistem penyaluran *Shallow Sewer*:

Tabel 2. 8 Kriteria Perencanaan Sistem Penyaluran *Shallow Sewer*

Parameter	Keterangan
Kepadatan Penduduk	>15.000 jiwa/Km ²
Suplai air bersih	>60%
Muka air tanah	<1,5 m
Kemiringan tanah	<2% (± 1%)
Diameter basah maksimum	0,8 diameter pipa
Diameter basah minimum	0,2 diameter pipa
Kemiringan hidrolis	0,006
Kedalaman pipa minimum	0,4 m

Sumber: Permen PUPR no.4/2017

Pada perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah harus ditentukan diameter pipanya dengan menggunakan Rumus Manning sebagai berikut:

$$v = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots (1.8)$$

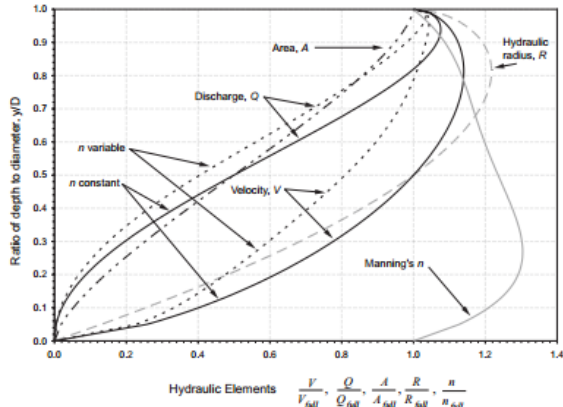
dimana: v = kecepatan aliran air dalam pipa (m/det)

n = koefisien kekasaran manning

R = jari-jari hidraulik (m)

S = slope pipa

Pada perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah juga harus ditentukan tinggi muka air pada pipa SPAL saat debit maksimum dan saat debit minimum. Saat debit maksimum tinggi renang maksimum (d/D) maksimal 80% dari diameter pipa sedangkan debit minimum tinggi renang minimum (d/D) minimal 20% dari diameter pipa (Kementrian PUPR, 2016), penentuannya melalui grafik berikut ini



Gambar 2. 3 Grafik Geometric and Hydraulic Ratios for Circular Cross Section

Sumber: Systems, dkk, 2007

Persamaan debit penuh dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$Q_{full} = 0,312/n \times D^{2,667} \times S^{0,5} \dots \dots \dots (1.9)$$

Dimana:

Q_{full} = debit pipa saat keadaan penuh (m^3/s)

n = koefisien manning

D = diameter (m)

S = slope pipa

2.5.2 Sistem Perpipaan

Sistem perpipaan pada pengaliran air limbah komunal berfungsi untuk membawa air limbah beberapa rumah ketempat pengolahan air limbah agar tidak terjadi pencemaran pada lingkungan sekitarnya (KemenPU, 2013). Perpipaan system penyaluran air limbah menurut fungsinya dibedakan atas:

1. Pipa persil, yaitu pipa saluran yang umumnya terletak didalam pekarangan rumah dan langsung menerima air buangan dari dapur atau kamar mandi/wc
 Dimensi pipa = 3" – 4"
 Kemiringan = 1% - 2%
2. Pipa servis yaitu pipa saluran yang menampung air buangan dari pipa-pipa persil dan terletak di jalan didepan rumah.
 Dimensi pipa = 4" – 6"
 Kemiringan = 1% - 2%
3. Pipa lateral, yaitu pipa saluran yang menerima air buangan dari pipa-pipa servis
 Dimensi pipa = 4" – 6"
 Kemiringan = 1% - 2%
4. Pipa induk pipa air buangan yang menerima air buangan dari pipa lateral. Pipa ini langsung terhubung ke instalasi pengolahan air limbah.
 Dimensi pipa = 6" – 8"
 Kemiringan = 0,4% - 1%

2.5.3 Bahan Perpipaan

Menurut KemenPU (2013), pipa uang biasa dipakai untuk penyaluran air limbah komunal antara lain:

1. Pipa SNI khusus air limbah, dalam kondisi khusus dapat digunakan pipa kelas AW. Pipa kelas D hanya boleh digunakan untuk pipa persil
2. PE (*polyethylene*) untuk daerah rawa atau persilangan di bawah air
3. Pipa galvanis untuk kondisi tertentu atas rekomendasi DPIU.

2.6 Teknologi Pengolahan

Dalam hal ini alternatif pengolahan air limbah domestik dilakukan secara anaerobik dari skala *low* hingga *strength*. Salah satu keuntungan pengolahan air limbah secara anaerobik adalah volume reaktor yang dibutuhkan lebih besar dan volume lumpur yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan proses aerobik (Metcalf dan Eddy, 2003). Berikut merupakan tabel perbandingan pengolahan air limbah secara anaerobik dan aerobik.

Tabel 2. 9 Perbandingan Pengolahan secara Anaerobik dan Aerobik

Parameter	Aerobik	Anaerobik
Kebutuhan energi	Tinggi	Rendah
Tingkat pengolahan	60-90%	95%
Produksi lumpur	Tinggi	Rendah
Stabilitas proses terhadap toksik	Sedang sampai tinggi	Rendah sampai sedang
Kebutuhan nutrien	Tinggi untuk beberapa limbah industri	Rendah
Bau	Tidak terlalu berpotensi menimbulkan bau	Berpotensi menimbulkan bau
Kebutuhan alkalinitas	Rendah	Tinggi untuk beberapa limbah industri
Produksi biogas	Tidak ada	ada
Start-up time	2 – 4 minggu	2 – 4 bulan

Sumber: Eckenfelder et al., 1988

2.6.1 Grease Trap

Grease trap berfungsi sebagai penangkap minyak dan lemak pada limbah dan mencegah terjadinya penggumpalan. Prinsip pemisahannya memanfaatkan sifat lemak atau minyak yang berat jenisnya lebih ringan dari air. *Grease trap* pada umumnya memiliki minimal dua kompartemen. Kompartemen pertama memiliki waktu detensi minimal 7 menit, sedangkan kompartemen kedua memiliki waktu detensi minimal 5 menit. Efisiensi yang dapat dihasilkan *grease trap* dalam menyisihkan minyak dan lemak dapat mencapai 95,8% dengan perlu dilakukannya perawatan dalam jangka waktu tertentu bergantung pada ukuran *grease trap* serta jumlah minyak dan lemak (Carrollton, 2012). Turbulensi harus dikurangi untuk menghindari suspensi minyak dan padatan (Morel dan Diener, 2006).

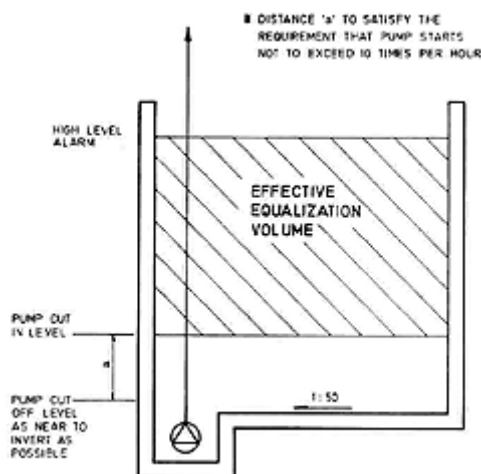
2.6.2 Bak Ekualisasi

Menurut Metcalf dan Eddy (2003), bak ekualisasi adalah suatu bak penampung air limbah agar debit air limbah yang diolah menjadi konstan. Bak ekualisasi bukan merupakan suatu proses pengolahan. Menurut Permen PUPR no.4/2017, perencanaan sumur pengumpul dilaksanakan berdasarkan kriteria desain yaitu

waktu retensi air limbah domestik dalam sumur pengumpul yaitu tidak lebih dari 10 menit. Menurut Metcalf dan Eddy (2014), Kegunaan dari bak ekualisasi adalah:

1. Sebagai penampung air limbah, sehingga membuat air limbah yang masuk dari berbagai sumber (toilet, wastafel, dll.) dapat bercampur sehingga menghasilkan karakteristik air limbah yang bersifat homogen.
2. Menstabilkan debit yang masuk kedalam instalasi pengolahan air limbah akibat adanya variasi debit yang masuk.
3. Menstabilkan konsentrasi air limbah yang akan masuk ke dalam IPAL.

Berikut merupakan gambar bak ekualisasi



Gambar 2. 4 Bak Ekualisasi
 Sumber: Metcalf dan Eddy, 2003

2.6.3 Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

ABR adalah reaktor yang didesain menggunakan *baffled* yang berseri untuk membuat air limbah yang mengandung polutan organik yang mengalir ke bawah dan ke atas melalui *baffle* seperti air limbah mengalir dair inlet menuju outlet. Sekat pada ABR berfungsi sebagai pengaduk untuk meningkatkan kontak antara air limbah domestik dan mikroorganisme. Menurut Götzenberger (2009), keuntungan penggunaan ABR anatara lain:

- Konstruksi
 1. Desain yang mudah
 2. Tidak ada bagian yang bergerak dan tidak perlu pengadukan mekanis
 3. Tidak mahal untuk dibangun
 4. Volume kosong yang tinggi
 5. Clogging berkurang
 6. Ekspansi *sludge bed* berkurang
 7. Biaya modal dan operasi yang rendah
- Biomassa
 1. Tidak membutuhkan alat pengendapan yang tidak lazim untuk biomassa
 2. Menghasilkan sedikit lumpur
 3. Waktu tinggal lumpur yang tinggi
 4. Biomassa tidak memerlukan fixed media atau solid settling chamber untuk tinggal
 5. Tidak memerlukan pemisahan gas atau lumpur yang spesial
- Operasi
 1. HRT rendah
 2. Memungkinkan operasi berselang-seling
 3. Sangat stabil pada *hydraulic shock loading*
 4. Perlindungan dari material beracun pada influen
 5. Waktu yang lama tanpa membuang lumpur
 6. Stabilitas tinggi pada *organic shocks*

ABR cocok digunakan untuk mengolah berbagai jenis air limbah dengan konsentrasi BOD > 150 mg/l. Meskipun efisiensinya meningkat dengan penambahan beban organik yang lebih tinggi. ABR juga cocok untuk air limbah domestik. Performa pengolahan mencapai rentang 65% hingga 90% untuk BOD *removal* (70% - 95% untuk COD *removal*) (Götzenberger, 2009). Kriteria desain untuk ABR menurut Götzenberger (2009) yaitu:

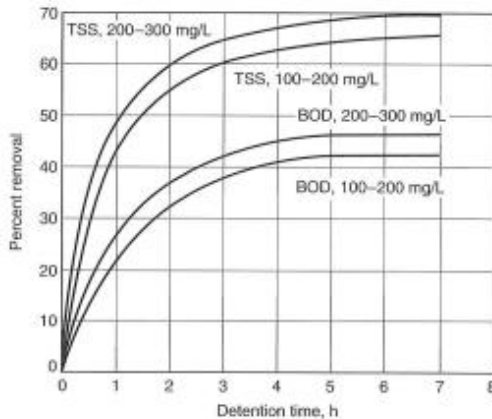
1. Kecepatan *up flow* = < 2 m/jam
2. Beban organik = < 3,0 kg COD/m³hari
3. *Hydraulic retention time* = 12 – 14 jam

Sedangkan menurut Metcalf dan Eddy (2014), kriteria desain untuk ABR meliputi:

1. Konsentrasi *volatile solids* = 2 – 10%
2. *Hydraulic retention time* = 6 – 24 jam

3. *Solid retention time* = > 30 hari
4. *Beban organik* = 5 – 10 kgCOD/m³hari

Persen removal TSS dan BOD pada kompartemen I atau zona pengendapan dapat diketahui dengan cara menentukan waktu detensi yang terjadi pada kompartemen I menggunakan grafik hubungan waktu detensi dengan efisiensi removal. Berikut merupakan gambar grafik yang disajikan pada Gambar 2.5



Gambar 2. 5 Tipikal Removal BOD dan TSS

Sumber: Metcalf dan Eddy, 2014

Persamaan Perhitungan desain *Anaerobic Baffled Reactor* dapat dilihat pada langkah-langkah berikut :

➤ Waktu Tinggal Hidrolik (HRT)

$$HRT = V / Q \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana: HRT = Waktu tinggal hidrolik (hari)
 V = volume (m³)
 Q = Debit (m³/hari)

➤ *Organic Loading Rate (OLR)*

$$OLR = Q \times So / \text{volume} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana : Q = debit (m³/hari)
 So = Total COD inlet (mg/L)

➤ *V_{up}*

$$V_{up} = Q / (p \text{ satu kompartemen} \times I) \dots\dots\dots (2.3)$$

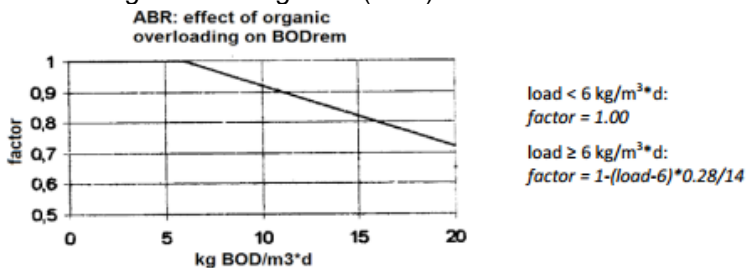
Dimana : P = panjang satu kompartemen (m)

l = lebar satu kompartemen (m)

Kompartemen II

Kompartemen II dihitung berbeda pada kompartemen I dimana untuk mengetahui efisiensi BOD yang nantinya akan digunakan untuk mencari lumpur BOD, maka digunakan beberapa parameter grafik diantaranya Organic Loading Rate (OLR), BOD *strength*, temperatur, jumlah kompartemen dan Hydraulic Retention Time (HRT):

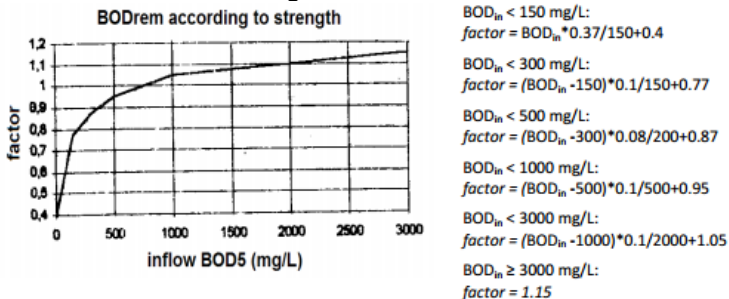
Grafik *Organic Loading Rate (OLR)*



Gambar 2. 6 Grafik Hubungan BOD Removal dengan OLR

Sumber: Götzenberger, 2009

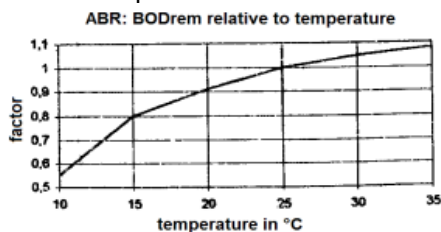
Grafik *wastewater strength*



Gambar 2. 7 Grafik Hubungan Wastewater Strength dengan BOD Removal

Sumber: Götzenberger, 2009

Grafik temperatur



$$\text{temp} < 15^{\circ}\text{C}: \\ \text{factor} = (\text{temp}-10) \cdot 0.25/5 + 0.55$$

$$\text{temp} < 20^{\circ}\text{C}: \\ \text{factor} = (\text{temp}-15) \cdot 0.11/5 + 0.8$$

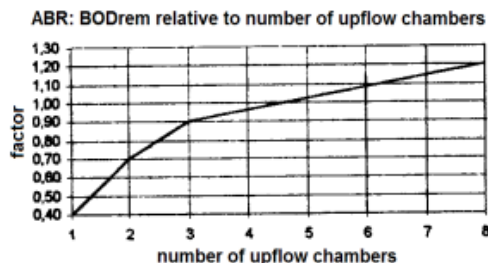
$$\text{temp} < 25^{\circ}\text{C}: \\ \text{factor} = (\text{temp}-20) \cdot 0.09/5 + 0.91$$

$$\text{temp} < 30^{\circ}\text{C}: \\ \text{factor} = (\text{temp}-25) \cdot 0.05/5 + 1$$

$$\text{temp} \geq 30^{\circ}\text{C}: \\ \text{factor} = (\text{temp}-30) \cdot 0.03/5 + 1.05$$

Gambar 2. 8 Grafik Hubungan Temperatur dengan BOD Removal
Sumber: Götzenberger, 2009

Grafik chamber



$$\text{no} = 1: \\ \text{factor} = 0.4$$

$$\text{no} = 2: \\ \text{factor} = 0.7$$

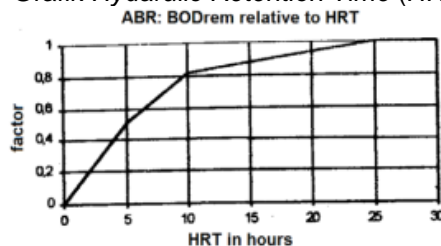
$$\text{no} = 3: \\ \text{factor} = 0.9$$

$$\text{no} > 3: \\ \text{factor} = (\text{no}-3) \cdot 0.06 + 0.9$$

Gambar 2. 9 Grafik Hubungan Jumlah Kompartemen dengan BOD Removal

Sumber: Götzenberger, 2009

Grafik Hydarulic Retention Time (HRT)



$$\text{HRT} < 5\text{h}: \\ \text{factor} = \text{HRT} \cdot 0.51/5$$

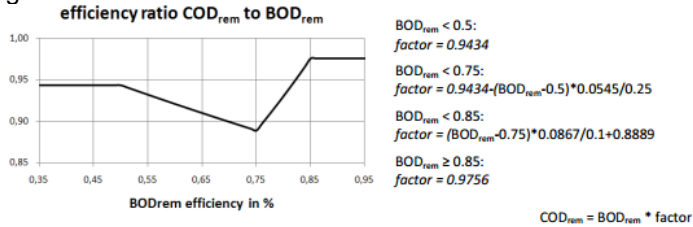
$$\text{HRT} < 10\text{h}: \\ \text{factor} = (\text{HRT}-5) \cdot 0.31/5 + 0.51$$

$$\text{HRT} < 25\text{h}: \\ \text{factor} = (\text{HRT}-12) \cdot 0.18/15 + 0.82$$

$$\text{HRT} \geq 25\text{h}: \\ \text{factor} = 1$$

Gambar 2. 10 Grafik Hubungan HRT dengan BOD Removal
Sumber: Götzenberger, 2009

Berdasarkan pengolahan kompartemen II, didapatkan efisiensi persen *removal* dari masing-masing parameter, maka efisiensi COD dapat diperoleh dari grafik hubungan efisiensi BOD dengan efisiensi COD.



Gambar 2. 11 Grafik Hubungan COD Removal dengan BOD Removal
Sumber: Götzenberger, 2009

2.6.4 Anaerobic Filter (AF)

Menurut Sasse (1998), *Anaerobic Filter* (AF) secara umum memiliki kesamaan penampilan dengan trickling filter pada pengolahan air limbah secara aerobik. Air limbah pada AF didistribusikan hingga bagian bawah dari AF. Aliran air dalam AF adalah bawah ke atas melalui media batuan sehingga filternya terendam secara keseluruhan. Mikroorganisme anaerobik terakumulasi pada bagian kosong di antara batuan sehingga air limbah dapat kontak dengan biomassa aktif yang luas ketika melalui filter. AF memiliki beberapa keuntungan dibandingkan proses pengolahan air limbah secara biologis antara lain:

1. AF cocok untuk pengolahan air limbah terlarut
2. Tidak ada effluen atau *solid recycle* yang dibutuhkan. Padatan biologis tetap tinggal dalam filter dan tidak terbawa oleh effluen
3. Akumulasi konsentrasi yang tinggi pada padatan aktif dalam filter memungkinkan pengolahan limbah yang encer bahkan pada temperatur rendah. Pemanasan tidak dibutuhkan tidak seperti pada kebanyakan proses anaerobik yang lain untuk mempertahankan efisiensi yang tinggi.
4. Produksi lumpur yang sangat kecil. Effluen air limbah secara esensial tidak mengandung padatan tersuspensi dikarenakan padatan tersuspensi tertahan oleh media pada AF.

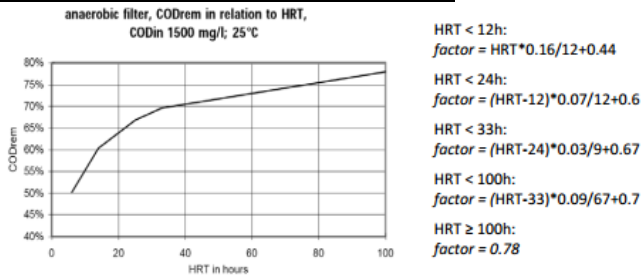
Removal efisiensi pengolahan pada AF yang dioperasikan dengan baik yaitu antara 70 -90% BOD. Kriteria desain untuk AF menurut (Götzenberger, 2009) antara lain:

1. Luas area filter = $80 - 120 \text{ m}^2/\text{m}^3$
2. Beban organik = $< 4,0 \text{ kg COD}/\text{m}^3\text{hari}$
3. *Hydraulic retention time* = $15 - 20 \text{ jam}$
4. Ukuran filter = $80 - 140 \text{ mm}$
5. Kecepatan aliran (V_{up}) = $< 2 \text{ m/jam}$

Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan dimensi AF:

- Volume AF = $(V_{ABR} \times 60\%) \times V_{ABR}$
- Panjang kompartemen AF = $V_{AF} / (\text{tinggi} \times \text{lebar})$
- Tinggi media pada AF = $\text{Volume ABR} / \text{Luas AF}$

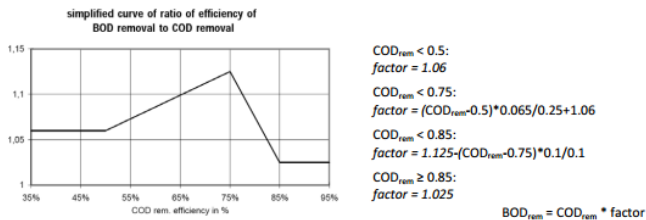
Grafik *Hydraulic Retention Time* (HRT)



Gambar 2. 12 Grafik Hubungan HRT dengan BOD Removal

Sumber: Götzenberger, 2009

Berdasarkan pengolahan dalam AF, didapatkan efisiensi persen removal dari masing-masing parameter, maka efisiensi BOD dapat diperoleh dari grafik hubungan efisiensi COD dengan efisiensi BOD.



Gambar 2. 13 Grafik Hubungan BOD Removal dengan COD Removal

(Sumber: Götzenberger, 2009)

2.6.5 Biofilter Anaerobik - Aerobik

Menurut Permen PUPR no.4/2017, pengolahan air limbah domestik dengan proses biofilter anaerobik aerobik merupakan proses pengolahan air limbah dengan menggabungkan proses biofilter aerob dan proses biofilter anaerob. Kombinasi proses anaerob dan aerob dapat menurunkan zat organik (BOD, COD), konsentrasi ammonia, deterjen, padatan tersuspensi, bakteri E. Coli dan fosfat. Kombinasi proses Anaerob-Aerob, menghasilkan efisiensi pengurangan senyawa fosfor lebih besar dari proses anaerob atau proses aerob saja. Selama berada pada kondisi anaerob, senyawa fosfor anorganik yang ada dalam sel mikroorganisme akan keluar sebagai akibat hidrolisa senyawa fosfor. Sedangkan energi yang dihasilkan digunakan untuk menyerap BOD (senyawa organik) yang ada di dalam air limbah domestik. Selama berada pada kondisi aerob, senyawa fosfor terlarut akan diserap oleh bakteri/mikroorganisme dan akan disintesa menjadi polyphosphat dengan menggunakan energi yang dihasilkan oleh proses oksidasi senyawa organik (BOD). Dengan demikian kombinasi proses Anaerob-Aerob dapat menghilangkan BOD maupun fosfor dengan baik. Proses ini dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban organik yang cukup besar.

Keunggulan proses pengolahan air limbah dengan Biofilter Anaerob-Aerob antara lain:

- a) pengelolaannya sangat mudah;
- b) tidak perlu lahan luas;
- c) biaya operasinya rendah;
- d) dibandingkan dengan proses lumpur aktif, lumpur yang dihasilkan relatif sedikit;
- e) dapat menghilangkan nitrogen dan fosfor yang dapat menyebabkan eutropikasi;
- f) suplai udara untuk aerasi relatif kecil;
- g) dapat digunakan untuk air limbah dengan beban BOD yang cukup besar;
- h) dapat menghilangkan padatan tersuspensi (SS) dengan baik.

2.6.5 Constructed Wetland

Constructed wetland atau lahan basah buatan adalah sistem pengolahan terencana atau terkontrol yang didesain

menggunakan proses alami. Proses ini melibatkan vegetasi, media dan mikroorganisme untuk mengolah air limbah (Risnawati dan Damanhuri, 2009). Sistem Pengolahan yang direncanakan, seperti untuk debit limbah, beban organik, kedalaman media, jenis tanaman lainnya, sehingga kualitas air limbah yang keluar dari sistem tersebut dapat dikontrol sesuai dengan yang dikehendaki oleh pembuatnya. *Constructed Wetland* terbagi menjadi dua tipe, yaitu sistem aliran permukaan (*Surface Flow Constructed Wetland*) atau FWS (*Free Water System*) dan sistem aliran bawah permukaan atau SSF-*Wetland* (*Sub-Surface Flow Constructed Wetland*).

Kelebihan dari penggunaan *Constructed Wetland* sebagai salah satu alternatif pengolahan air limbah domestik menurut Khambali (2011) adalah:

1. Teknologi tepat guna yang murah
2. Tahan lama dan mudah dalam perawatan
3. Tidak memerlukan teknologi yang rumit dan peralatan mesin atau bahan kimia
4. Tidak memerlukan biaya operasional yang tinggi
5. Menggunakan sumber daya alam yang ada
6. Dapat diisi dengan keanekaragaman tumbuhan lokal setempat
7. Dapat dibuat dengan berbagai ukuran (skala rumah tangga, klinik, sekolah, rumah sakit, hotel, dsb)
8. Menyediakan ekosistem untuk tumbuhan maupun hewan
9. Tertata sebagai taman dengan lanskap yang indah dipandang.

Kekurangan dari penggunaan *Constructed Wetland* sebagai salah satu alternatif pengolahan air limbah domestik menurut Khambali (2011) adalah:

1. Pengoperasian sistem ini tergantung pada kondisi lingkungan termasuk iklim dan suhu. Pengolahan kurang optimal untuk daerah dengan suhu rendah
2. Untuk *Constructed Wetland dengan free water system*, dapat berpotensi menimbulkan bau dan menjadi sarang bagi vektor penyakit (nyamuk).

Kriteria desain yang sangat penting untuk sistem *constructed wetland* adalah waktu detensi hidrolis, kedalaman bak (panjang dan lebar), laju beban BOD₅, dan laju beban hidrolis.

Rentang tipikal yang disarankan untuk perancangan diberikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. 10 Kriteria Desain *Constructed Wetland*

No.	Paramater Desain	Unit	Tipe Sistem	
			FWS	SSF
1.	<i>Hydraulic detention</i>	<i>day</i>	4 – 15	4 – 15
2.	<i>time</i>	<i>lb/acre</i>	< 60	< 60
3.	<i>BOD5 loading rate</i>	<i>Mgal/acre.d</i>	0.015 –	0.015 –
4.	<i>Hydraulic loading rate</i>	<i>Acre/(Mgal/d)</i>	0.050	0.05
	<i>Specific area</i>		67 – 20	67 – 20

Sumber : Metcalf dan Eddy, 2003

Karakteristik tipikal media yang digunakan pada sistem SFS terdapat pada tabel 2.11 berikut ini.

Tabel 2. 11 Karakteristik Tipikal Media Untuk *Sub-Surface Flow System*

<i>Media Type</i>	<i>Max 10% grain size, mm</i>	<i>Porosity, α</i>	<i>Hydraulic Conductivity, ks, ft³/ft².d</i>	<i>K₂₀</i>
<i>Medium sand</i>	1	0.42	1.380	1.84
<i>Coarse sand</i>	2	0.39	1.575	1.34
<i>Gravelly sand</i>	8	0.35	1.640	0.86

Sumber : Metcalf dan Eddy, 2003

Rumus yang digunakan dalam perhitungan desain *Constructed Wetland* adalah:

$$\frac{C_e}{C_o} = e^{-Kt} \cdot e^{-td} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$Kt = K_{20} (1,1)^{t-20} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$td = \frac{-\ln\left(\frac{C_e}{C_o}\right)}{Kt} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$As = d \cdot W = \frac{Q}{Kt \cdot S} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$L = \frac{td \cdot Q}{W \cdot d \cdot \alpha} \dots\dots\dots (3.2)$$

$$As = L \cdot W \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan:

Q = debit rata-rata (m^3/hari)

As = luas permukaan (m^2)

T = suhu ($^{\circ}\text{C}$)

Ks = konduktivitas hidrolik (m/hari)

α = porositas media (desimal)

K_{20} = koefisien standar pada suhu 20°C (per hari)

C_o = konsentrasi BOD influen (mg/L)

C_e = konsentrasi BOD efluen (mg/L)

S = *Slope* media

2.7 Metode Pengambilan Contoh Air Limbah

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.59 (2008), cara pengambilan contoh untuk pengujian kualitas air secara umum melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Siapkan alat pengambil contoh yang sesuai dengan keadaan sumber airnya
2. Bilas alat pengambil contoh dengan air yang akan diambil, sebanyak 3 (tiga) kali
3. Ambil contoh sesuai dengan peruntukan analisis dan campurkan dalam penampung semetara, kemudian homogenkan
4. Masukkan ke dalam wadah yang sesuai peruntukan analisis
5. Lakukan segera pengujian untuk parameter suhu, kekeruhan dan daya hantar listrik, Ph dan oksigen terlarut yang dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diawetkan
6. Hasil pengujian parameter lapangan dicatat dalam buku catatan khusus
7. Pengambilan contoh untuk parameter pengujian di laboratorium dilakukan pengawetan terlebih dahulu

Beberapa tipe pengambilan contoh air limbah antara lain:

1. Contoh sesaat (*grab sample*)
2. Contoh gabungan waktu (*composite samples*)
3. Contoh gabungan tempat (*integrated samples*)
4. Contoh gabungan waktu dan tempat.

Sedangkan alat pengambil contoh harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh
2. Mudah dicuci dari bekas contoh sebelumnya

3. Contoh mudah dipindahkan ke dalam botol penampung tanpa ada sisa bahan tersuspensi didalamnya
4. Mudah dan aman dibawa
5. Kapasitas alat tergantung dari tujuan pengujian

2.8 Analisis Kelayakan Ekonomi

Menurut Permen PUPR no.4/2017, pengkajian kelayakan keuangan dilaksanakan untuk mendapatkan gambaran proyeksi keuntungan keuangan terbaik bagi penyelenggara dalam jangka waktu tertentu. Sedangkan pengkajian kelayakan ekonomi disusun dengan cara analisis ekonomi untuk mendapatkan gambaran manfaat yang diterima oleh masyarakat untuk mewujudkan peningkatan kesehatan, produktivitas masyarakat, dan perlindungan lingkungan. Berikut merupakan langkah-langkah dalam pelaksanaan analisis ekonomi:

- Pengkajian kelayakan keuangan. Sasaran dari analisis keuangan ini untuk mengetahui apakah kegiatan yang akan dilaksanakan dari segi keuangan dinilai layak. Penilaian kelayakan didasarkan atas hasil perhitungan parameter kelayakan. Investasi disebut layak apabila hasil perhitungan parameter kelayakan tersebut minimal sama dengan batasan kelayakan yang ditetapkan.
- Menyusun laporan keuangan kajian kelayakan keuangan dengan membandingkan pendapatan yang bersumber dari retribusi atau tarif dengan biaya yang ditimbulkan, baik berupa biaya pengoperasian maupun biaya pengembalian modal.
- Menganalisis proyeksi laporan keuangan terhadap kriteria kelayakan keuangan. Kelayakan keuangan dianalisis berdasarkan:
 - a. Periode pengembalian pembayaran (*Pay Back Period*)
 - b. Nilai keuangan kini bersih (*Financial Net Present Value/FNPV*)
 - c. Laju pengembalian keuangan internal (*Financial Internal Rate of Return/ FIRR*)
- Membandingkan hasil perhitungan dengan batas kelayakan keuangan yang ditentukan sebelumnya. Penilaian kelayakan membandingkan antara manfaat secara keuangan dengan biaya (modal dan operasional) yang dikeluarkan. Hasil

perhitungan disebut positif terhadap batas kelayakan keuangan apabila :

- a. *Pay back period* maksimal sama dengan jumlah tahun yang ditentukan;
 - b. NPV positif; dan/atau
 - c. FIRR minimal sama dengan nilai yang ditetapkan.
- Mengumpulkan data untuk pengkajian kelayakan ekonomi yang meliputi penyusunan laporan keuangan kajian kelayakan ekonomi dengan menganalisis proyeksi laporan ekonomi terhadap kriteria kelayakan ekonomi. Kelayakan ekonomi dianalisis berdasarkan:
 - a. Nilai ekonomi kini bersih (*Economic Net Present Value/ENPV*)
 - b. Laju pengembalian ekonomi internal (*Economic Internal Rate of Return/EIRR*)
 - c. *Economic Benefit Cost Ratio*
 - Membandingkan hasil perhitungan dengan batas kelayakan ekonomi yang ditentukan sebelumnya. Penilaian kelayakan membandingkan antara manfaat yang diterima dengan biaya yang dikeluarkan. Hasil perhitungan positif terhadap batas kelayakan ekonomi apabila:
 - a. NPV Positif;
 - b. EIRR minimal sama dengan nilai yang ditetapkan;
 - c. $\text{Benefit Cost Ratio} > 1$.
- Maka proyek ini dinyatakan layak secara ekonomi. Proyek layak secara ekonomi artinya proyek ini dapat memberikan manfaat ekonomi yang baik pada masyarakat.
- Apabila hasil perhitungan kajian ekonomi tidak sesuai dengan parameter kelayakan ekonomi yang telah ditentukan, maka:
 - a. Dilakukan penyesuaian terlebih dahulu terhadap biaya investasi, biaya pengoperasian, sumber pendanaan, Tarif/Retribusi; dan
 - b. Iterasi dilakukan secara berulang hingga mendapatkan hasil yang positif dengan demikian maka dapat dipertimbangkan untuk kelanjutan rencana investasi ini.

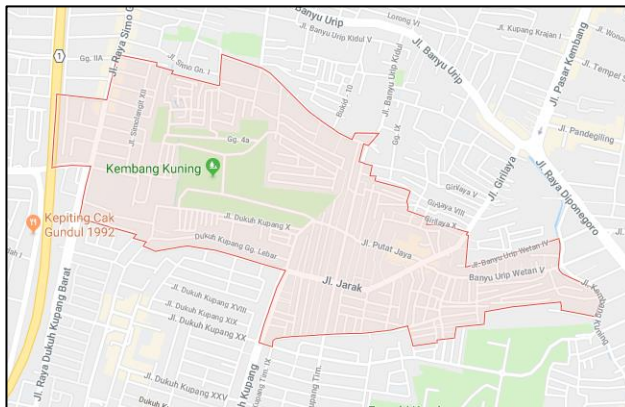
BAB 3

GAMBARAN UMUM PERENCANAAN

3.1 Gambaran Umum Wilayah Perencanaan

Daerah yang dipilih pada perencanaan instalasi pengolahan air limbah di Kelurahan Putat Jaya, Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya. Wilayah ini berada pada koordinat 7°27'58.4"S, dan 112°71'59.8"E. Kelurahan Putat Jaya memiliki luas wilayah sebesar 1,36 km² dengan ketinggian wilayah sebesar +5 meter diatas permukaan laut (Kecamatan Sawahan Dalam Angka 2016). Menurut Bappeko 2013, kedalaman level muka air tanah pada Kelurahan Putat Jaya yaitu ± 4 m. Pada wilayah itulah yang akan dilayani dalam perencanaan SPAL dan juga akan disediakan unit bangunan IPAL Domestik. Secara administratif, wilayah Kelurahan Putat Jaya ini memiliki batas-batas, yaitu:

1. Sebelah Utara : Kelurahan Banyu Urip
2. Sebelah Selatan : Kelurahan Pakis
3. Sebelah Timur : Kecamatan Sukomanunggal
4. Sebelah Barat : Kelurahan Darmo



Gambar 3. 1 Batas Wilayah Kelurahan Putat Jaya (Gambar Tanpa Skala)

Sumber : Google Maps

Sesuai dengan data hasil registrasi penduduk per kelurahan tahun 2015 yang terdapat pada Kecamatan Sawahan Dalam

Angka 2016, Kelurahan Putat Jaya memiliki jumlah penduduk sebesar 48.493 jiwa dengan tingkat kepadatan penduduk sebesar 35.920 jiwa/km². Untuk jumlah keluarga di Kelurahan Putat Jaya sebesar 9.756 keluarga dengan rata-rata anggota keluarga sebesar 4,89 jiwa.

3.2 Kondisi Sanitasi Wilayah Perencanaan

Kondisi sanitasi di wilayah Kelurahan Putat Jaya tergolong kurang baik karena limbah non kakus langsung dialirkan ke saluran drainase tanpa melalui pengolahan. Sehingga saluran drainase menjadi sangat kotor dan menjadi sarang penyakit. Hal tersebut yang menyebabkan Kelurahan Putat Jaya menjadi Kelurahan dengan penderita DBD tertinggi kedua di Surabaya. Berdasarkan Kecamatan Sawahan dalam Angka 2016, jumlah penderita DBD di Kelurahan Putat Jaya sebanyak 1.346 jiwa/tahun sedangkan untuk penderita diare sebanyak 1.192 jiwa/tahun. Dari hasil pengamatan saluran drainase di wilayah Kelurahan Putat Jaya berukuran 40 – 80 cm yang mana di beberapa titik dapat berpotensi banjir karena tidak mampu menampung debit air hujan. Sedangkan untuk *black water*, Kelurahan Putat Jaya sudah terverifikasi *Open Defecation Free* (ODF) melalui program Sanitasi Total Berbasis Masyarakat oleh Kementerian Kesehatan dikarenakan mayoritas masyarakat sudah menggunakan tangki septik. Berdasarkan SSK Kota Surabaya (2010), diketahui bahwa masyarakat yang memiliki tangki septik sebesar 96,9% yaitu sebanyak 406 tangki septik dan yang masuk kategori tangki septik yang sehat sebesar 78% yaitu sebanyak 317 tangki septik. Sedangkan untuk Kebutuhan air bersih di Kelurahan Putat Jaya sebagian besar masyarakat sudah dilayani air minum dari PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Berdasarkan SSK Kota Surabaya (2010), diketahui bahwa 80% masyarakat Kelurahan Putat Jaya menggunakan air dari PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dan 20% menggunakan air dari sumur gali maupun sumur pompa. Berikut merupakan gambar salah satu saluran drainase di Kelurahan Putat Jaya dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Kondisi Saluran Drainase di Kelurahan Putat Jaya

3.3 Lokasi Perencanaan IPAL

Lokasi yang digunakan dipilih atas dasar ketersediaan lahan yang memungkinkan untuk dibangunnya IPAL dikarenakan kepadatan penduduk di Kelurahan Putat Jaya yang cukup tinggi. Lokasi perencanaan IPAL berada pada koordinat $7^{\circ}16'36.25''\text{S}$ dan $112^{\circ}42'54.76''\text{E}$ yang merupakan satu-satunya lahan terbuka di Kelurahan Putat Jaya yang memungkinkan untuk dibangunnya IPAL. Namun apabila tidak memungkinkan dibangun IPAL pada wilayah tersebut maka akan dilakukan penggusuran rumah guna pembangunan IPAL agar sesuai dengan perencanaan yang telah dilakukan yang telah mempertimbangkan beberapa aspek yang akan dikaji dalam perencanaan ini. Berikut merupakan gambar lokasi lahan kosong yang dapat digunakan alternatif sebagai lokasi perencanaan IPAL Kelurahan Putat Jaya.



Gambar 3. 3 Lokasi Perencanaan IPAL Kelurahan Putat Jaya

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4

METODE PERENCANAAN

4.1 Gambaran Umum Perencanaan

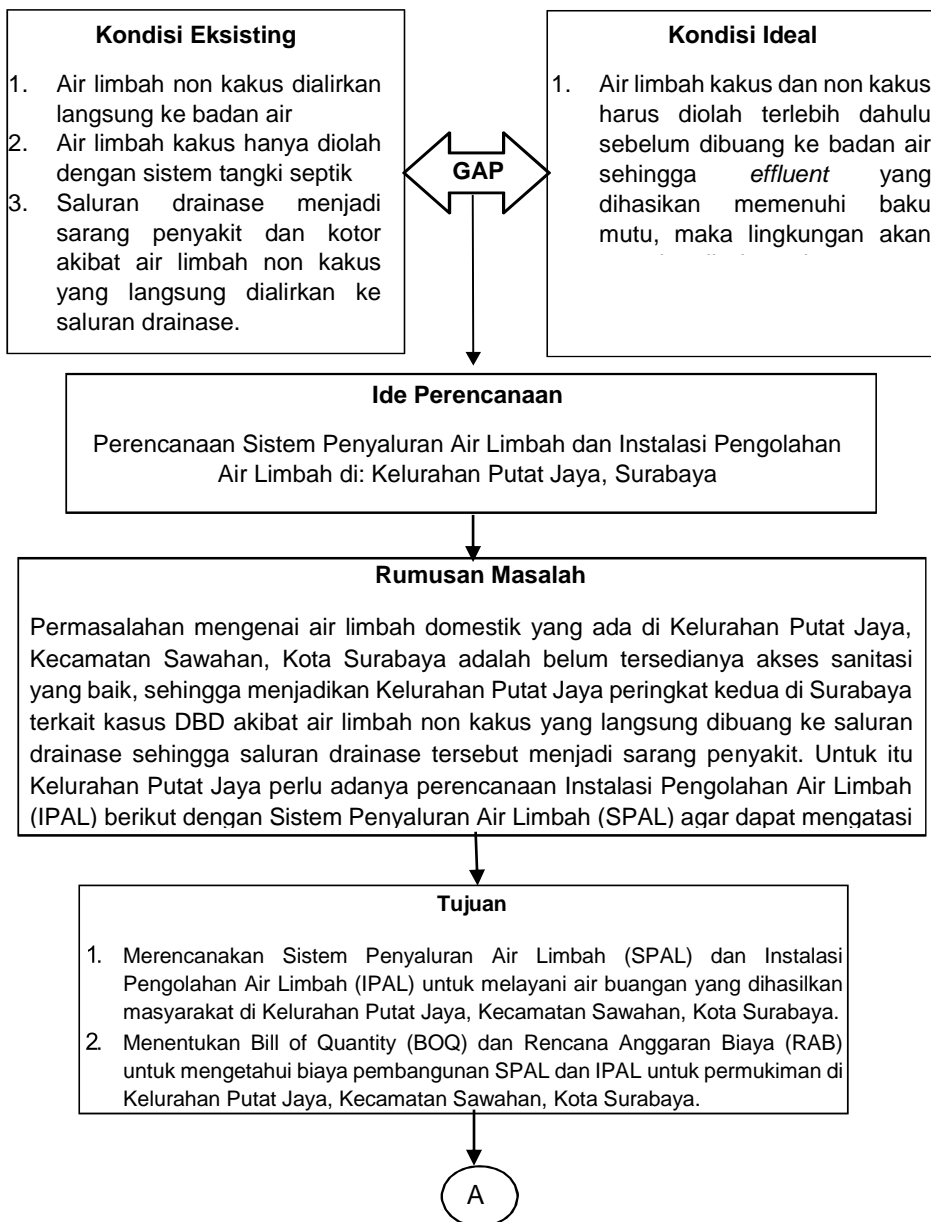
Pada tugas akhir ini dilakukan perencanaan terhadap sistem penyaluran air limbah (SPAL) dan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) di Kelurahan Putat Jaya, Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya. Perencanaan tersebut menggunakan *shallow sewer* untuk sistem penyaluran air limbahnya (SPAL) sedangkan untuk instalasi pengolahan air limbah (IPAL) akan dilakukan kajian terlebih dahulu dari beberapa aspek, sehingga IPAL yang digunakan sesuai dengan kondisi eksisting maupun kemampuan iuran dari masyarakat Kelurahan Putat Jaya, Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya. Metode perencanaan ini disusun sebagai pedoman dalam melaksanakan proses perencanaan. Proses perencanaan dimulai dari pengumpulan data primer dan sekunder, penentuan IPAL, perencanaan SPAL dan IPAL, perhitungan rencana anggaran biaya SPAL dan IPAL, serta analisis ekonomi terhadap SPAL dan IPAL.

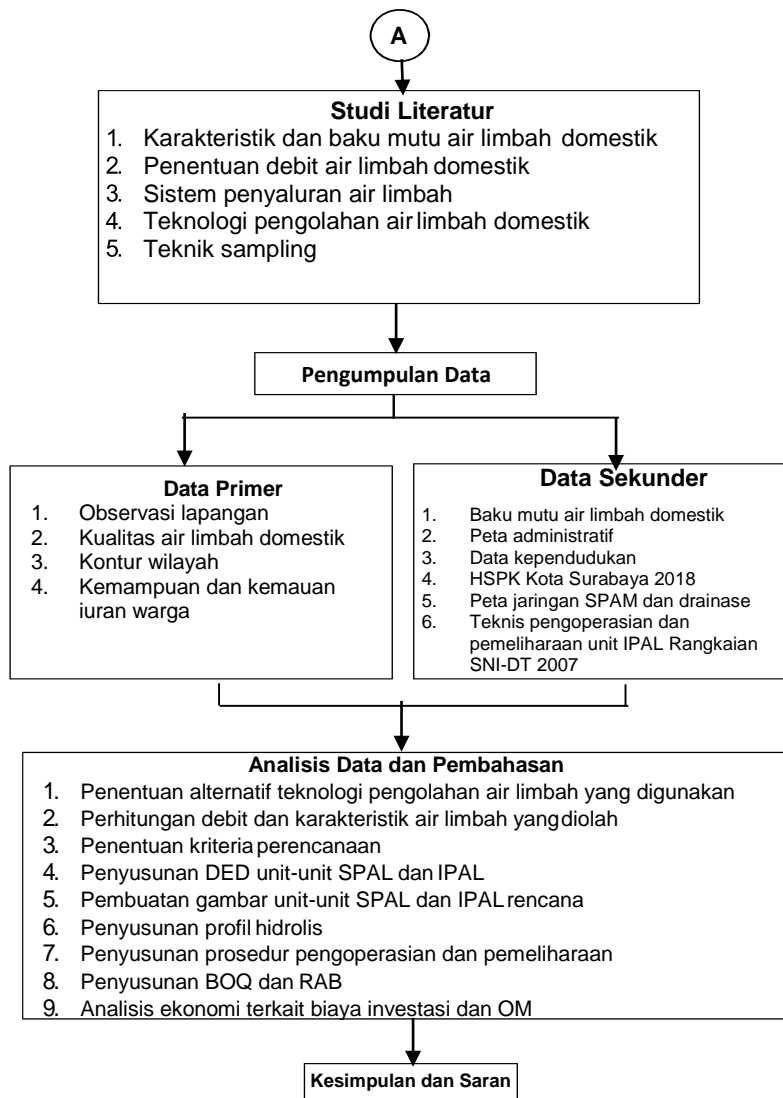
Perencanaan ini menggunakan dua aspek yakni aspek teknis dan aspek finansial. Parameter perencanaan mengacu pada PermenLHK No.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik untuk parameter BOD, TSS, pH, minyak, lemak dan ammonia sedangkan untuk parameter COD mengacu pada Pergub Jatim No. 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan / atau Kegiatan Usaha Lainnya. Perencanaan ini meliputi perhitungan *Detail Engineering Design* (DED) unit-unit SPAL dan IPAL. Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) digunakan untuk merealisasikan unit-unit IPAL, termasuk biaya operasi dan pemeliharaan serta analisis ekonominya. Acuan perhitungan RAB adalah SNI-DT-2007 *series* tentang Pekerjaan Bangunan dan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2018.

4.2 Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan merupakan gambaran awal mengenai alur perancangan. Penyusunan kerangka perencanaan yang jelas dan sistematis dapat mempermudah dalam proses pelaksanaan perencanaan. Kerangka perencanaan digunakan

sebagai dasar acuan untuk memulai suatu perencanaan. Kerangka perencanaan ini berisi tahapan yang dilakukan dalam perencanaan dari awal hingga akhir. Kerangka perencanaan dapat dilihat pada Gambar 4.1





Gambar 4. 1 Diagram Alir Kerangka Perencanaan

4.3 Tahapan Perencanaan

Berdasarkan diagram alir kerangka perencanaan pada sub-bab 4.2, maka tahapan dalam perencanaan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Ide Perencanaan

Ide perencanaan merupakan awal mula adanya masalah dari suatu objek sehingga diperlukan suatu pemecahan solusi. Pada tugas akhir ini ide dari perencanaan adalah “Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah dan Instalasi Pengolahan Air Limbah di Kelurahan Putat Jaya, Surabaya”. Ide tersebut muncul dilatar belakangi oleh maraknya penderita kasus DBD di Kelurahan Putat Jaya, sehingga menjadikan kelurahan tersebut peringkat kedua penderita DBD terbanyak se-Surabaya. Hal tersebut disebabkan air limbah domestik langsung dibuang ke badan air sehingga badan air menjadi kotor dan menjadi sarang penyakit. Dengan adanya perencanaan ini, diharapkan dapat mengurangi permasalahan air limbah domestik sehingga tidak mencemari lingkungan sekitar dan menciptakan lingkungan yang sehat.

2. Studi Literatur

Studi Literatur merupakan teori yang menjadi dasar yang dapat mendukung perencanaan yang akan dilakukan. Sumber yang digunakan dalam studi literatur dapat diperoleh dari buku, jurnal, makalah seminar, skripsi, thesis dan sumber lain yang dapat dipertanggungjawabkan isinya. Literatur yang perlu dikumpulkan antara lain:

- Sumber air limbah domestik
- Karakteristik dan baku mutu air limbah domestik
- Teknik pengumpulan sampel
- Debit air limbah domestik
- Sistem penyaluran air limbah
- Alternatif unit pengolahan air limbah domestik dan kriteria desain dari tiap alternatif unit pengolahan air limbah domestik
- Rencana anggaran biaya

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahapan dasar dalam perencanaan, pengumpulan data diperlukan dalam desain untuk mendukung perencanaan yang akan dilakukan. Data yang digunakan dalam perencanaan meliputi data primer dan data sekunder. Adapun data primer yang dibutuhkan adalah:

- **Karakteristik Air Limbah**
Pengukuran karakteristik air limbah domestik dilakukan dengan cara *integrated sampling*, yaitu pengambilan sampel dengan gabungan tempat. Titik pengambilan sampel dilakukan pada 2 titik diantaranya *influent* dari tangki septik dan saluran limbah non kakus. Pengambilan sampel ini dilakukan pada jam puncak yakni rentan waktu pukul 06.00 – 08.00. Analisis sampel menggunakan standar dari APHA AWWA *Standards Methods for Examination of Water and Wastewater* tahun 1999. Analisa sampling ini dilakukan di laboratorium untuk kemudian diketahui besarnya nilai dari parameter yang akan masuk pada unit pengolahan.
- **Elevasi muka tanah**
Data elevasi didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan menggunakan GPS.
- **Lahan IPAL**
Kondisi rencana lahan IPAL dan lokasi perencanaan, data ini bisa didapatkan melalui wawancara dan pengukuran terhadap lahan. Selain itu, dilakukan dengan cara pengukuran menggunakan GPS untuk mengetahui ketinggian lokasi. Luas lahan yang tersedia didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan meteran.

Sedangkan data sekunder yang dibutuhkan dalam perencanaan ini antara lain:

- **Baku Mutu Air Limbah Domestik**
Berdasarkan PermenLHK No.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik untuk parameter BOD,

TSS, pH, minyak, lemak dan ammonia sedangkan untuk parameter COD mengacu pada Pergub Jatim No. 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan / atau Kegiatan Usaha Lainnya.

- Peta Administratif dan topografi
Data ini bisa didapat di Badan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kota Surabaya.
 - Data Kependudukan
Data ini bisa didapatkan di Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surabaya.
 - Debit Pemakaian Air Bersih
Data ini bisa didapatkan di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.
 - Peta Jaringan SPAM dan Saluran Drainase
Data peta jaringan SPAM didapatkan di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dan untuk data peta saluran drainase didapatkan di Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya.
 - Teknis pengoperasian dan pemeliharaan unit IPAL Rangkaian SNI-DT 2007
 - Harga satuan pokok untuk menghitung kebutuhan finansil didalam pembangunan SPAL dan IPAL, mengacu pada HSPK Kota Surabaya tahun 2017.
4. Analisis Data dan Pembahasan
- Analisis data merupakan pengolahan data secara matematik yang dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan yang diperlukan sebagai dasar sebuah perancangan. Data-data tersebut antara lain:
- a. Aspek Teknis
- Aspek teknis dalam perencanaan ini adalah desain SPAL dan IPAL. Tahapan dalam pengerjaan diantaranya:
- Penentuan debit air limbah domestik berdasarkan studi literatur yaitu 70% dari pemakaian air bersih.
 - Perencanaan sistem jaringan SPAL yang disesuaikan dengan topografi lahan dengan sistem gravitasi jika memungkinkan. Sistem penyaluran

air limbah yang digunakan adalah *Shallow Sewer*, limbah yang dilayani yaitu limbah non kakus dan *influent* dari tangki septik

- Menganalisis kualitas air limbah domestik dari hasil sampling dengan diuji di Laboratorium Departemen Teknik Lingkungan ITS.
- Menentukan alternatif pengolahan air limbah domestik yang dipilih berdasarkan aspek teknis dan finansial seperti persen removal optimum, kebutuhan lahan, kebutuhan energi, teknis operasional, dan prakiraan biaya investasi maupun OM dari setiap alternatif,
- Menganalisis kondisi lahan IPAL yang akan direncanakan. Aspek yang dianalisis adalah IPAL yang digunakan lokasinya pada lahan kosong atau pada pemukiman, hal ini ditentukan berdasarkan kontur wilayah Kelurahan Putat Jaya, Surabaya. Lokasi IPAL harus berada pada lokasi dengan kontur wilayah terendah pada lokasi perencanaan tersebut agar SPAL dilakukan dengan sistem gravitasi tanpa pemompaan.
- Menentukan kriteria desain unit SPAL dan IPAL yang terpilih sesuai dengan studi literatur yang telah dilakukan sebelumnya.
- Menghitung dimensi pipa SPAL dan unit IPAL yang terpilih berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan sebelumnya dan menggunakan bantuan program *Microsoft Excel*.
- Menggambar *Detail Engineering Design* (DED) untuk SPAL dan IPAL yang akan dibangun beserta aksesoris pelengkap berdasarkan data hasil perhitungan dengan menggunakan program *AutoCAD 2013*.

b. Aspek Finansial

Aspek finansial dalam hal ini yaitu bagaimana cara mendapatkan biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem penyaluran air limbah dan unit pengolahan, sehingga nantinya dapat dijadikan

sebagai bahan pertimbangan kepada pemerintah Kota Surabaya untuk dapat direalisasikan. Aspek finansial yang akan dibahas diantaranya:

- Menghitung BOQ (*Bill Of Quantity*) dan RAB (Rencana Anggaran Biaya) berdasarkan gambar DED yang telah dibuat, yang sesuai SNI tentang pekerjaan bangunan gedung serta mengacu pada Harga Satuan Pokok Kota Surabaya Tahun 2017 di Kelurahan Putat Jaya, Surabaya menggunakan program *Microsoft Excel*.
- Menghitung anggaran biaya *operational and maintenance* (OM) dalam jangka waktu operasional per tahun.
- Menganalisis ekonomi terkait biaya investasi dan biaya OM dari SPAL dan IPAL sehingga dapat ditentukan iuran masyarakat yang dilayani berdasarkan perhitungan analisis ekonomi tersebut dan hasil survey tingkat kemampuan dan kemauan dari masyarakat yang dilayani SPAL dan IPAL.

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil perencanaan, dihasilkan data yang nantinya akan menjawab tujuan perencanaan, serta dapat disimpulkan kelebihan dari perencanaan ini. Kesimpulan yang didapat adalah menemukan desain SPAL dan IPAL yang terpilih, dan menentukan RAB pembangunan SPAL dan IPAL serta menentukan analisis ekonomi terkait biaya investasi dan biaya OM SPAL dan IPAL. Kesimpulan diharapkan dapat menjadi referensi perencanaan sejenis selanjutnya dengan lokasi atau unit yang berbeda dan untuk rekomendasi desain kepada pemerintah setempat agar dapat direalisasikan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5 ANALISIS HASIL SURVEI

Untuk melakukan analisis statistik diperlukan data, maka dari itu data perlu dikumpulkan. Analisis statistik bergantung pada berbagai faktor, untuk itu kadang-kadang dilakukan sensus, kadang-kadang dilakukan *sampling*. Sensus terjadi apabila setiap anggota atau karakteristik yang ada di dalam populasi dikenai penelitian (Sudjana, 1996). Penentuan jumlah responden akan ditentukan berdasarkan rumus slovin. Berikut merupakan perhitungan jumlah responden kuisisioner

Diketahui: Jumlah Penduduk = 48.782 jiwa
Jumlah KK = 9756 KK
Jumlah orang/KK = 5 orang

Berikut merupakan rumus slovin:

$$n = \frac{N}{1 + (N \times e^2)}$$

Dimana: n = jumlah sampel

N = jumlah populasi

e = batas toleransi kesalahan

Berikut merupakan perhitungan jumlah sampel yang dibutuhkan:

$$n = \frac{N}{1 + (N \times e^2)}$$

$$n = \frac{9756}{1 + (9756 \times 0,1^2)}$$

$$n = 98,985 \text{ sampel} \approx 100 \text{ sampel}$$

5.1 Kuisisioner

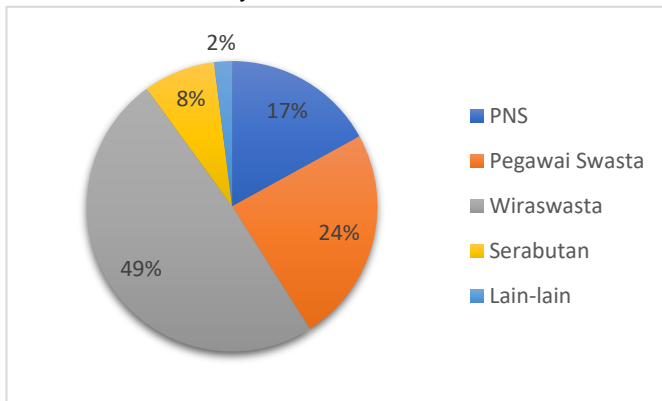
Kuisisioner ditujukan untuk 100 KK yang berada di Kelurahan Putat Jaya, Surabaya. Pengisian kuisisioner dilakukan dengan metode wawancara kepada masing-masing kepala keluarga atau yang bisa diwakilkan. Aspek yang dikaji antara lain sarana sanitasi, kesehatan masyarakat dan sikap masyarakat. Berdasarkan survei penduduk yang dilakukan, diketahui profil masyarakat setempat seperti pekerjaan, penghasilan, jumlah anggota keluarga dalam satu rumah dan status kepemilikan rumah warga. Umur responden beradapada rentang usia 21 – 70 tahun seperti yang tercantum pada table 9.1 berikut ini:

Tabel 5. 1 Profil Umur Responden

Parameter	21 - 30	31 - 40	41- 50	51 - 60	> 60
Laki - laki	3	8	17	11	1
Perempuan	2	12	27	17	2

Pada profil umur responden dapat diketahui bahwa jumlah penduduk yang masuk rentang (41 – 50) mendominasi. Hal ini menunjukkan bahwa data yang akan dihasilkan nanti representatif karena umur menjadi parameter seseorang berpengaruh pada lingkungan sekitar selain itu responden perempuan lebih banyak daripada laki-laki hal ini juga sangat berpengaruh karena perempuan (ibu-ibu) kebanyakan keputusan dalam keluarga dalam hal sanitasi akan ditentukan oleh ibu-ibu daripada bapak-bapak.

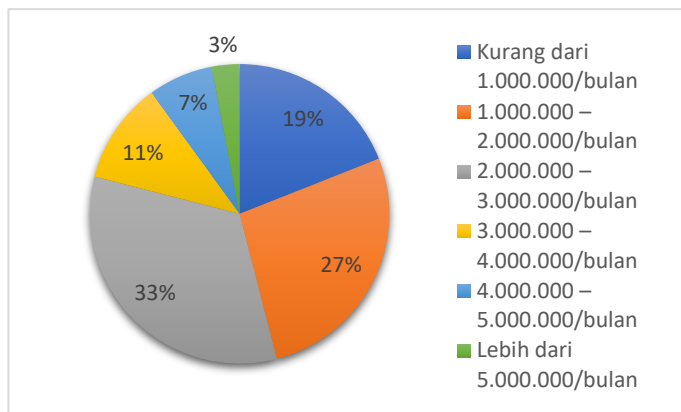
Sedangkan pada Gambar 9.1 menunjukkan komposisi pekerjaan kepala keluarga warga Kelurahan Putat Jaya. Menurut grafik diketahui bahwa jenis pekerjaan warga setempat yang paling banyak adalah wiraswasta yaitu berdagang baik di pasar maupun di lingkungan tempat tinggal. Berikut merupakan grafik pekerjaan warga Kelurahan Putat Jaya.



Gambar 5. 1 Grafik Pekerjaan Warga Kelurahan Putat Jaya

Selain itu survei dilakukan juga untuk mengetahui besar pendapatan warga setempat dan kaitannya terhadap fasilitas

sanitasi di Kelurahan Putat Jaya. Berikut merupakan grafik penghasilan warga Kelurahan Putat Jaya.

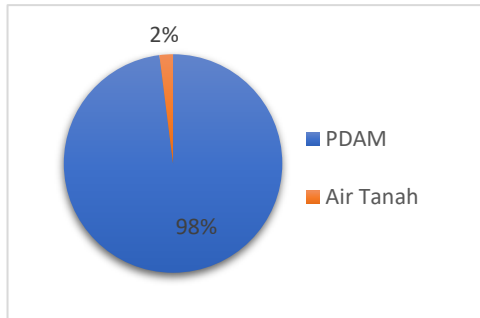


Gambar 5. 2 Grafik Pendapatan Warga Kelurahan Putat Jaya

Berdasarkan grafik tersebut diketahui bahwa warga yang memiliki pendapatan antara Rp.2.000.000 – Rp.3.000.000 memiliki persentase yang paling besar. Selain itu untuk status kepemilikan rumah didominasi warga yang statusnya milik sendiri yaitu sebesar 78% sedangkan untuk 22% statusnya kos/sewa bulanan. Dengan penghasilan yang dikategorikan sudah layak maka dapat diperkirakan untuk iuran biaya operasi dan pemeliharaan tidak akan memberatkan warga Kelurahan Putat Jaya.

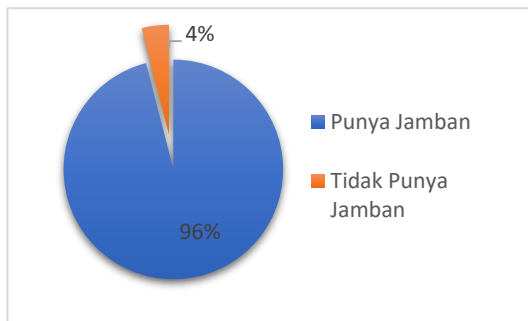
5.1.1 Sarana Sanitasi

Sumber air bersih merupakan salah satu syarat terciptanya sanitasi yang layak bagi masyarakat. Air bersih dalam jumlah yang cukup dibutuhkan dalam kegiatan sehari – hari seperti untuk mandi, cuci dan buang air besar. Dari 100 KK yang disurvei, hampir semua warga telah menggunakan air PDAM sebagai sumber air bersih rumah tangga. Hanya ada 2 KK saja. Ketersediaan air dalam jumlah banyak, seperti air PDAM, dibutuhkan untuk menggelontor tinja pada jamban.



Gambar 5. 3 Sumber Air Bersih Warga Kelurahan Putat Jaya

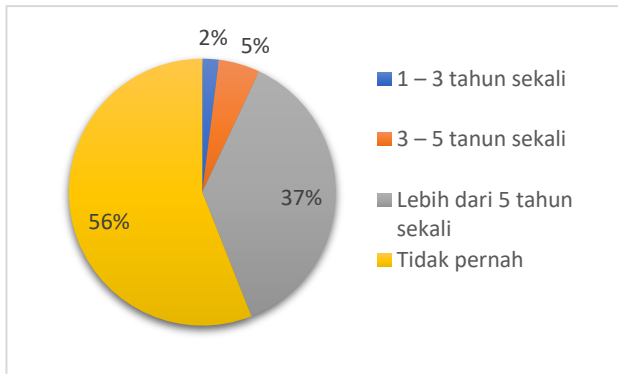
Survei dilakukan salah satu tujuannya adalah untuk mengetahui kepemilikan jamban dan tangki septi. Dari 100 KK yang disurvei, hanya ada 4 warga yang belum memiliki jamban sebagai tempat buang air besar di tiap rumah. Sedangkan dari 96 KK lainnya sudah memiliki jamban. Berdasarkan data Puskesmas Putat Jaya tahun 2017, menunjukkan bahwa hanya 88% dari total rumah tangga yang ada di Kelurahan Putat Jaya yang masuk kategori mempunyai jamban sehat. Berikut merupakan grafik kepemilikan jamban di Kelurahan Putat Jaya.



Gambar 5. 4 Grafik Kepemilikan Jamban di Kelurahan Putat Jaya

Sedangkan untuk waktu pengurasan didominasi septik tank yang tidak pernah dikuras selain itu dikuras dengan jangka waktu lebih dari 5 tahun sekali. Hal ini menunjukkan bahwa effluen dari tangki septik dapat mencemari lingkungan sekitar. Selain itu untuk air limbah non kakus nya, dari 100 KK yang disurvei semuanya

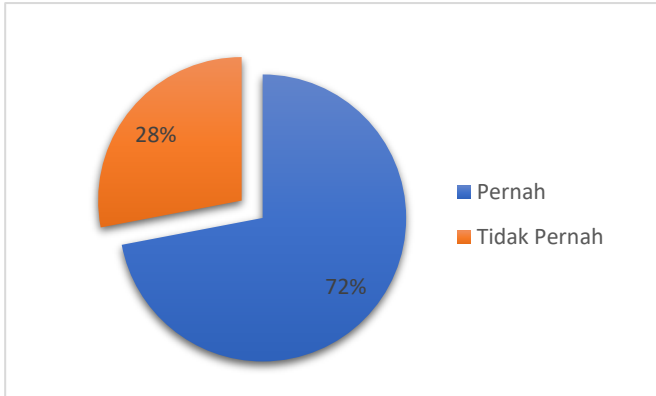
langsung dialirkan ke selokan tanpa mengalami proses pengolahan terlebih dahulu. Berikut merupakan grafik waktu pengurasan septik tank warga Kelurahan Putat Jaya.



Gambar 5. 5 Grafik Pengurasan Septik Tank di Kelurahan Putat Jaya

5.1.2 Kesehatan Masyarakat

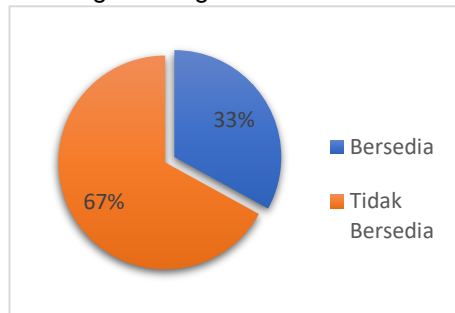
Puskesmas Putat Jaya memiliki program untuk melakukan pembinaan terhadap rumah tangga yang belum masuk kategori rumah sehat. Program meliputi pemucuan melalui penyuluhan untuk meningkatkan kualitas sanitasi di Kelurahan Putat Jaya. Namun tidak semua warga melakukan hal untuk memperbaiki fasilitas sanitasinya sendiri. Pembuangan air limbah non kakus secara langsung menuju saluran di depan rumah tanpa ada pengolahan terlebih dahulu, secara tidak langsung mempengaruhi kesehatan serta kualitas badan air penerima. Sehingga badan air menjadi kotor dan sarang penyakit. Berdasarkan hasil survei sebanyak 72 warga pernah terjangkit penyakit demam berdarah. Hal ini menunjukkan bahwa lingkungan Kelurahan Putat Jaya tidak sehat dikarenakan pencemaran air limbah domestik ke badan air sehingga badan air menjadi kotor dan sarang penyakit. Berikut merupakan grafik warga yang pernah terjangkit demam berdarah.



Gambar 5. 6 Grafik Warga Kelurahan Putat Jaya

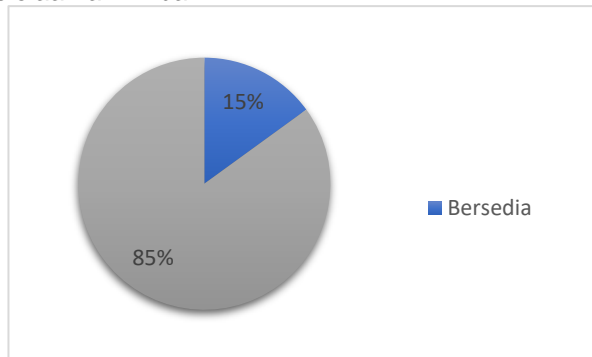
5.1.3 Sikap Masyarakat

Berdasarkan hasil survei dari 100 KK sebanyak 67 KK tidak bersedia apabila di Kelurahan Putat Jaya dibangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebagai pengganti *septic tank*. Hal ini dikarenakan kebanyakan warga tidak mengerti akan pentingnya mengolah air limbah dan tidak mengerti akibat apabila air limbah tidak diolah. Sedangkan 33 KK setuju apabila di Kelurahan Putat Jaya dibangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebagai pengganti *septic tank*. Tetapi hanya 23 KK yang mau berpartisipasi aktif dalam kegiatan pemeliharaan sarana dan prasarana pengelolaan air limbah di lingkungan sekitar. Berikut merupakan grafik kesediaan warga dibangun IPAL di Kelurahan Putat Jaya.



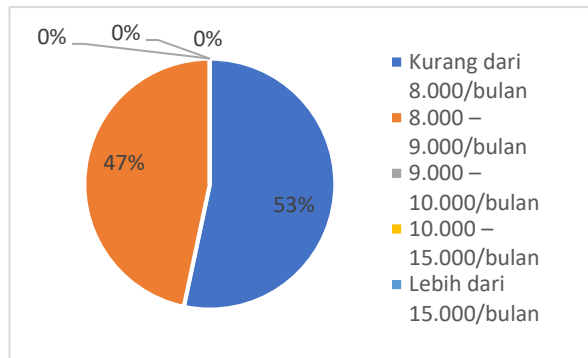
Gambar 5. 7 Grafik Kesediaan Warga Dibangun IPAL Di Kelurahan Putat Jaya

Selain itu dilakukan pula survei kesediaan warga untuk membayar retribusi guna biaya operasional dan pemeliharaan unit pengelolaan air limbah. Dari 33 KK yang setuju dibangun IPAL di Kelurahan Putat Jaya hanya 15 KK saja yang bersedia untuk membayar retribusi guna biaya operasional dan pemeliharaan unit pengelolaan air limbah. Berikut merupakan grafik kesediaan warga membayar retribusi guna biaya operasional dan pemeliharaan unit pengelolaan air limbah.



Gambar 5. 8 Grafik Kesediaan Warga Membayar Retribusi

Selanjutnya dari warga yang bersedia membayar retribusi guna biaya operasional dan pemeliharaan unit pengelolaan air limbah tersebut dilakukan survei tentang kemampuan warga untuk membayar retribusi guna biaya operasional dan pemeliharaan unit pengelolaan air limbah. Dari 15 KK yang setuju hanya didapat 7 KK saja yang bersedia membayar retribusi sebesar Rp 8.000 – 9.000/bulan selebihnya hanya bersedia jika biaya retribusi kurang dari Rp. 8.000/bulan. Berikut merupakan grafik kemampuan warga membayar retribusi guna biaya operasional dan pemeliharaan unit pengelolaan air limbah.



Gambar 5. 9 Grafik Kemampuan Warga Membayar Retribusi

5.2 Pembahasan Hasil Kuisisioner

Berdasarkan hasil survei tersebut diketahui bahwa hanya terdapat 33% warga yang bersedia dibangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebagai pengganti *septic tank* di Kelurahan Putat Jaya. Dan dari warga yang bersedia tersebut hanya 15% yang bersedia membayar biaya retribusi guna biaya operasional dan pemeliharaan unit pengelolaan air limbah. Dari 15% yang bersedia membayar biaya retribusi guna biaya operasional dan pemeliharaan unit pengelolaan air limbah terdapat 7% yang bersedia membayar retribusi sebesar Rp 8.000 – 9.000/bulan sedangkan yang bersedia jika biaya retribusi kurang dari Rp. 7.000/bulan sebesar 8%. Berdasarkan hasil survei tersebut dapat disimpulkan bahwa tingkat kemauan warga Kelurahan Putat Jaya akan dibangunnya dibangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebagai pengganti *septic tank* tergolong kategori rendah. Hal ini dapat ditangani dengan cara melakukan penyuluhan akan pentingnya sanitasi, penyuluhan tidak hanya dilakukan pada acara seminar, arisan dll, tetapi dapat dilakukan melalui pawai sanitasi dengan menggerakkan organisasi masyarakat setempat seperti karang taruna, ibu PKK, dll. Selain itu harus didukung pula oleh aparat setempat seperti lurah, ketua RW, ketua RT, sanitarian puskesmas, serta tokoh masyarakat. Kegiatan ini dilakukan secara terus menerus hingga masyarakat benar – benar paham akan pentingnya sanitasi.

Sedangkan untuk kesediaan masyarakat dalam membayar biaya retribusi guna biaya operasional dan pemeliharaan unit

pengelolaan air limbah. Harus tetap dilakukan penyuluhan agar masyarakat paham bahwa fasilitas sanitasi butuh biaya untuk operasi dan pemeliharaan. Apabila masyarakat masih susah untuk membayar retribusi biaya retribusi guna biaya operasional dan pemeliharaan unit pengelolaan air limbah, pembayaran dapat dimasukkan ke dalam rekening listrik warga, karena semua warga memakai listrik dari PLN. Jadi untuk biaya retribusi tersebut dapat dilakukan kerjasama dengan PLN sehingga biaya retribusi guna biaya operasional dan pemeliharaan unit pengelolaan air limbah dapat dimasukkan ke tagihan rekening listrik warga.

Memilih teknologi yang cocok bukan merupakan hal yang mudah, tetapi hal ini dapat mengurangi resiko masalah dan kegagalan di masa yang akan datang. Dua kunci penting dalam memilih teknologi pengolahan adalah keterjangkauan dan kecocokan (Grau, 1996). Menurut Massoud et al 2009, teknologi yang paling cocok adalah teknologi yang terjangkau secara ekonomi, berkelanjutan terhadap lingkungan dan dapat diterima masyarakat.

Beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan teknologi yang paling cocok diterapkan antara lain:

- a. Terjangkau ekonomi: investasi, densitas populasi, efisiensi teknologi, operasi dan perbaikan serta pengolahan lumpur.
- b. Berkelanjutan terhadap lingkungan: melindungi lingkungan, konservasi *resource*, dan penggunaan kembali air.
- c. Diterima masyarakat: proteksi kesehatan masyarakat, peraturan dan kebijakan pemerintah, tempat tinggal manusia dan perencanaan

Secara tradisional, operasi dan perbaikan dari IPAL yang dibebankan pada pemilik rumah terkadang berakibat kegagalan sistem diakibatkan perbaikan yang tidak sesuai. Maka dari itu diperlukan pembangunan peraturan, program, tata cara, dan institusi yang memastikan desain dan konstruksinya baik serta operasi dan perbaikannya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 6

PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH

6.1 Area Pelayanan

Area pelayanan sistem penyaluran air limbah ini mencakup seluruh Kelurahan Putat Jaya, Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya. Pada perencanaan sistem penyaluran air limbah ini akan dibagi menjadi 2 *cluster* dikarenakan menyesuaikan dengan kontur area perencanaan. Air limbah dari tiap rumah harus disalurkan menuju ke unit pengolahan air limbah domestik. Jalur penyaluran air limbah menggunakan prinsip gravitasi, yaitu menyesuaikan dengan kontur tanah wilayah perencanaan. Air limbah dialirkan dari kontur tertinggi menuju kontur terendah, dan unit IPAL dibangun di akhir pipa penyaluran. Berdasarkan data yang diperoleh dari Kelurahan Putat Jaya diperoleh data sebagai berikut:

- Jumlah penduduk = 48.782 jiwa
- Jumlah KK = 9756 KK
- Jumlah RT = 114
- Jumlah RW = 15
- Rata-rata jumlah orang/KK = 4,98 orang \approx 5 orang

Penduduk Kelurahan Putat Jaya secara perekonomian terbagi menjadi 5 antara lain: keluarga prasejahtera, keluarga sejahtera 1, keluarga sejahtera 2, keluarga sejahtera 3 dan keluarga sejahtera 3plus. Berdasarkan data dari Kelurahan Putat Jaya persentase untuk keluarga prasejahtera hanya $\pm 5\%$, dari data tersebut maka dapat dikatakan bahwa mayoritas penduduk Kelurahan Putat Jaya merupakan keluarga yang sejahtera sehingga layak untuk dibangun sistem penyaluran air limbah dan instalasi pengolahan air limbah domestik di kawasan tersebut.

6.2 Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk diperlukan dalam setiap rencana pembangunan guna memperkirakan jumlah penduduk dimasa yang akan datang. Selain memperhitungkan laju pertumbuhan penduduk pada suatu daerah perencanaan juga memperhitungkan kepadatan penduduk pada daerah tersebut. Perhitungan proyeksi penduduk juga tidak mengesampingkan pertimbangan

keterbatasan lahan, dimana bisa diperkirakan pertambahan jumlah penduduk akan mencapai suatu batas dimana daerah tersebut sudah tidak mampu lagi menerima pertambahan penduduk.

Pada perencanaan kali ini jumlah penduduk Kelurahan Putat Jaya sebanyak 48.782 jiwa. Menurut Kecamatan dalam Angka 2016, kepadatan penduduk Kelurahan Putat Jaya sebesar 35.920 jiwa/km², dimana area tersebut merupakan area padat penduduk sehingga proyeksi penduduk tidak dilakukan pada perencanaan ini karena mengingat keterbatasan lahan kosong dan sangat sedikit kemungkinan pertambahan penduduk terjadi pada tahun proyeksi.

6.3 Debit Air Limbah SPAL

Dalam perencanaan SPAL kali ini, direncanakan seberapa kebutuhan SPAL yang dibutuhkan mulai dari depan rumah warga hingga menuju ke IPAL komunal yang akan dibangun. Namun sebelum direncanakan SPAL dari sumber air limbah hingga ke unit IPAL, perlu diketahui debit air limbah dari tiap rumah warga. Perhitungan diawali dengan menentukan pelayanan penduduk, pembebanan dari tiap jaur pipa, dan kebutuhan air rata-rata dari tiap sambungan rumah. Perhitungan debit air limbah diperoleh setelah mengetahui rata-rata penggunaan air bersih yang diketahui melalui data sekunder PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Berdasarkan data pemakaian air bersih penduduk Kelurahan Putat Jaya tersebut didapatkan 3 klasifikasi diantaranya masyarakat pemakaian air rendah, masyarakat pemakaian air sedang dan masyarakat pemakaian air tinggi. Berdasarkan klasifikasi tersebut didapatkan data pemakaian air bersih antara lain:

- Masyarakat pemakaian air rendah = (10-15) m³/KK
- Masyarakat pemakaian air sedang = (16-35) m³/KK
- Masyarakat pemakaian air tinggi = (36-52) m³/KK

Dari data pemakaian air bersih Kelurahan Putat Jaya selama 1 tahun terakhir yang diperoleh dari PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, dilakukan perhitungan rata-rata pemakaian air bersih masyarakat Kelurahan Putat Jaya selama 1 tahun terakhir dan diperoleh debit pemakaian air bersih rata-rata yaitu sebesar 27,871 m³/KK.hari, dari data tersebut maka dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui pemakaian air bersih

setiap orangnya. Berikut merupakan debit pemakaian air bersih orang/harinya:

$$\begin{aligned}
 Q \text{ air bersih} &= \frac{Q \text{ air bersih}/KK}{\text{Jumlah orang}/KK} \\
 &= \frac{27,871 \text{ m}^3/KK.\text{hari}}{5 \text{ orang}/KK} \\
 &= 5,5742 \text{ m}^3/\text{orang.hari} \\
 &= 179,813 \text{ L/orang.hari}
 \end{aligned}$$

Setelah diketahui debit penggunaan rata-rata air bersih per orang, maka dapat dihitung debit air limbah setiap *cluster*nya. Berdasarkan Permen PUPR no.4 tahun 2017, persentase air limbah yang mencapai saluran air limbah berada pada kisaran (70 – 80)%. Pada perencanaan ini diambil presentase sebesar 80% dari penggunaan air bersih. Jumlah penduduk pada setiap *cluster* dikalikan dengan debit air limbah sehingga akan diperoleh debit rata-rata air limbah,

Berikut merupakan contoh perhitungan debit air limbah pada *Cluster I* jalur A1-A4:

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui: Jumlah KK} &= 48 \\
 \text{Jumlah Penduduk} &= 240 \text{ orang} \\
 - \text{ Q rata-rata air limbah} &= Q \text{ air bersih} \times 80\% \times \text{jumlah penduduk} \\
 &= 179,813 \text{ L/orang.hari} \times 80\% \times \\
 &\quad 240 \text{ orang} \\
 &= 34.525,453 \text{ L/hari} \\
 &= 34,525 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,0004 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil perhitungan debit air limbah rata-rata tiap jalurnya:

Tabel 6. 1 Perhitungan Debit Air Limbah Rata-Rata Tiap Jalur *Cluster I*

Jalur Pipa	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Debit Pemakaian Air Bersih (L/hari)	Debit Air Limbah (m ³ /hari)
A1 - A4	48	240	43156,816	34,685
A2 - A6	23	115	20679,308	16,543
A3 - A4	24	120	21578,408	17,263
A5 - A6	19	95	17082,906	13,666

Jalur Pipa	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Debit Pemakaian Air Bersih (L/hari)	Debit Air Limbah (m³/hari)
A7 - A8	32	160	28771,211	23,017
A10 - A11	30	150	26973,010	21,578
A12 - A13	15	75	13486,505	10,789
A9 - A14	81	405	72827,127	58,262
A13 - A14	65	325	58441,522	46,753
A14 - A40	8	40	7192,803	5,754
A4 - A39	125	625	112387,542	89,910
A15 - A38	144	720	129470,449	103,576
A16 - A37	137	685	123176,746	98,541
A17 - A36	130	650	116883,044	93,506
A18 - A35	121	605	108791,141	87,033
A19 - A23	23	115	20679,308	16,543
A20 - A22	26	130	23376,609	18,701
A21 - A22	43	215	38661,315	30,929
A23 - A25	16	80	14385,605	11,508
A24 - A25	25	125	22477,508	17,982
A25 - A27	11	55	9890,104	7,912
A26 - A27	25	125	22477,508	17,982
A27 - A29	6	30	5394,602	4,316
A28 - A29	12	60	10789,204	8,631
A29 - A34	54	270	48551,418	38,841
A30 - A33	52	260	46753,218	37,403
A31 - A32	57	285	51248,719	40,999
B1 - B3	26	130	23376,609	18,701
B2 - B3	37	185	33266,712	26,613
B3 - B5	15	75	13486,505	10,789

Jalur Pipa	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Debit Pemakaian Air Bersih (L/hari)	Debit Air Limbah (m³/hari)
B4 - B5	23	115	20679,308	16,543
B5 - B7	9	45	8091,903	6,474
B6 - B7	15	75	13486,505	10,789
B7 - B8	73	365	65634,325	52,507
B9 - B19	10	50	8991,003	7,193
B10 - B14	31	155	27872,110	22,298
B11 - B13	51	255	45854,117	36,683
B12 - B13	21	105	18881,107	15,105
B13 - B14	5	25	4495,502	3,596
B14 - B15	11	55	9890,104	7,912
B15 - E18	7	35	6293,702	5,035
B16 - B18	15	75	13486,505	10,789
B17 - B18	17	85	15284,706	12,228
B' - B"	26	130	23376,609	18,701
B18 - B"	17	85	15284,706	12,228
B" - B19	20	100	17982,007	14,386
B20 - B21	44	220	39560,415	31,648
B22 - B23	77	385	69230,726	55,385
B24 - B25	67	335	60239,723	48,192
B23 - B25	4	20	3596,401	2,877
B26 - B30	57	285	51248,719	40,999
B27 - B29	52	260	46753,218	37,403
B28 - B29	17	85	15284,706	12,228
B31 - E18	20	100	17982,007	14,386
E1 - E2	47	235	42257,716	33,806
E3 - E4	29	145	26073,910	20,859

Jalur Pipa	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Debit Pemakaian Air Bersih (L/hari)	Debit Air Limbah (m³/hari)
E4 - E6	22	110	19780,207	15,824
E5 - E6	43	215	38661,315	30,929
E6 - E8	72	360	64735,224	51,788
E7 - E8	41	205	36863,114	29,490
E9 - E13	21	105	18881,107	15,105
E10 - E12	53	265	47652,318	38,122
E11 - E12	31	155	27872,110	22,298
E13 - E14	22	110	19780,207	15,824
E8 - E14	17	85	15284,706	12,228
E15 - E17	61	305	54845,121	43,876
E16 - E17	28	140	25174,809	20,140
E17 - E19	15	75	13486,505	10,789
E18 - E19	85	425	76423,529	61,139
E19 - E20	13	65	11688,304	9,351
E14 - E20	17	85	15284,706	12,228
E21 - E22	77	385	69230,726	55,385
E20 - E22	29	145	26073,910	20,859
E22 - E24	6	30	5394,602	4,316
E23 - E24	56	280	50349,619	40,280
E24 - E26	22	110	19780,207	15,824
E25 - E26	68	340	61138,823	48,911
E26 - E28	12	60	10789,204	8,631
E27 - E28	81	405	72827,127	58,262
E28 - E30	28	140	25174,809	20,140
E29 - E30	82	410	73726,228	58,981
E30 - E32	32	160	28771,211	23,017

Jalur Pipa	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Debit Pemakaian Air Bersih (L/hari)	Debit Air Limbah (m ³ /hari)
E31 - E32	64	320	57542,422	46,034
E33 - E34	69	345	62037,923	49,630
E32 - E34	10	50	8991,003	7,193
E34 - E36	15	75	13486,505	10,789
E35 - E36	30	150	26973,010	21,578
E36 - E38	18	90	16183,806	12,947
E37 - E38	52	260	46753,218	37,403
E39 - E41	31	155	27872,110	22,298
E40 - E41	62	310	55744,221	44,595
E38 - E42	9	45	8091,903	6,474
E41 - E42	6	30	5394,602	4,316
E42 - F3	95	475	85414,532	68,332
F1 - F'	12	60	10789,204	8,631
F2 - F'	24	120	21578,408	17,263
F' - F3	7	35	6293,702	5,035
F4 - F5	17	85	15284,706	12,228
F3 - F5	14	70	12587,405	10,070
F6 - F8	108	540	97102,836	77,682
F7 - F8	83	415	74625,328	59,700
F8 - F10	13	65	11688,304	9,351
F9 - F10	68	340	61138,823	48,911
F10 - F12	11	55	9890,104	7,912
F11 - F12	43	215	38661,315	30,929
F12 - F18	32	160	28771,211	23,017
F13 - F15	46	230	41358,616	33,087
F14 - F15	24	120	21578,408	17,263

Jalur Pipa	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Debit Pemakaian Air Bersih (L/hari)	Debit Air Limbah (m³/hari)
F16 - F17	117	585	105194,739	84,156
F15 - F17	97	485	87212,733	69,770
F19 - F20	92	460	82717,231	66,174
F18 - F20	24	120	21578,408	17,263
F21 - F22	98	490	88111,833	70,489
F20 - F22	6	30	5394,602	4,316
F22 - F23	40	200	35964,014	28,771
F5 - F23	64	320	57542,422	46,034
F24 - F25	50	250	44955,017	35,964
F23 - F25	47	235	42257,716	33,806
F26 - F27	61	305	54845,121	43,876
F25 - F27	23	115	20679,308	16,543
F28 - F29	33	165	29670,311	23,736
F27 - F29	4	20	3596,401	2,877
F29 - F31	13	65	11688,304	9,351
F30 - F31	92	460	82717,231	66,174
F32 - F34	37	185	33266,712	26,613
F33 - F34	19	95	17082,906	13,666
F34 - F36	19	95	17082,906	13,666
F35 - F36	28	140	25174,809	20,140
F37 - F39	21	105	18881,107	15,105
F38 - F39	19	95	17082,906	13,666
F39 - F41	1	5	899,100	0,719
F40 - F41	21	105	18881,107	15,105
F41- F42	7	35	6293,702	5,035
F42 - F43	24	120	21578,408	17,263

Jalur Pipa	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Debit Pemakaian Air Bersih (L/hari)	Debit Air Limbah (m ³ /hari)
F43 - F46	50	250	44955,017	35,964
F45 - F46	22	110	19780,207	15,824
F46 - F48	4	20	3596,401	2,877
F44 - F48	60	300	53946,020	43,157
F48 - F50	4	20	3596,401	2,877
F49 - F50	47	235	42257,716	33,806
F50 - F52	11	55	9890,104	7,912
F51 - F52	17	85	15284,706	12,228
F52 - F59	8	40	7192,803	5,754
F58 - F59	26	130	23376,609	18,701
F59 - G15	26	130	23376,609	18,701
F53 - F55	44	220	39560,415	31,648
F54 - F55	46	230	41358,616	33,087
F56 - F57	48	240	43156,816	34,525
F55 - F57	46	230	41358,616	33,087
F57 - H40	18	90	16183,806	12,947
G1 - G3	43	215	38661,315	30,929
G2- G3	9	45	8091,903	6,474
G3 - G5	12	60	10789,204	8,631
G4 - G5	24	120	21578,408	17,263
G5 - G7	9	45	8091,903	6,474
G6 - G7	23	115	20679,308	16,543
G8 - G10	28	140	25174,809	20,140
G9 - G10	14	70	12587,405	10,070
G10 - G12	13	65	11688,304	9,351
G11 - G12	15	75	13486,505	10,789

Jalur Pipa	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Debit Pemakaian Air Bersih (L/hari)	Debit Air Limbah (m³/hari)
G7 - G12	12	60	10789,204	8,631
G12 - G14	9	45	8091,903	6,474
G13 - G14	85	425	76423,529	61,139
G16 - G17	10	50	8991,003	7,193
G17 - G19	7	35	6293,702	5,035
G18 - G19	19	95	17082,906	13,666
G19 - G21	8	40	7192,803	5,754
G20 - G21	15	75	13486,505	10,789
G21 - G23	5	25	4495,502	3,596
G22 - G23	17	85	15284,706	12,228
G23 - G25	4	20	3596,401	2,877
G24 - G25	36	180	32367,612	25,894
G26 - G27	18	90	16183,806	12,947
G27 - G29	3	15	2697,301	2,158
G30 - G31	37	185	33266,712	26,613
G29 - G31	5	25	4495,502	3,596
G28 - G29	25	125	22477,508	17,982
G31 - G35	4	20	3596,401	2,877
G32 - G34	10	50	8991,003	7,193
G33 - G34	4	20	3596,401	2,877
G34 - G35	31	155	27872,110	22,298
G36 - G37	19	95	17082,906	13,666
G35 - G37	4	20	3596,401	2,877
G37 - G39	1	5	899,100	0,719
G40 - G41	30	150	26973,010	21,578
G38 - G39	23	115	20679,308	16,543

Jalur Pipa	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Debit Pemakaian Air Bersih (L/hari)	Debit Air Limbah (m³/hari)
G42 - G43	27	135	24275,709	19,421
G43 - G45	32	160	28771,211	23,017
G44 - G45	42	210	37762,214	30,210
G45 - G47	19	95	17082,906	13,666
G46 - G47	32	160	28771,211	23,017
G47 - G49	5	25	4495,502	3,596
G48 - G49	22	110	19780,207	15,824
G49 - H39	2	10	1798,201	1,439
H1 - H3	69	345	62037,923	49,630
H2 - H3	30	150	26973,010	21,578
H4 - H5	37	185	33266,712	26,613
H5 - H7	55	275	49450,519	39,560
H6 - H7	42	210	37762,214	30,210
H8 - H9	95	475	85414,532	68,332
H9 - H11	22	110	19780,207	15,824
H10 - H11	72	360	64735,224	51,788
H11 - H13	10	50	8991,003	7,193
H12 - H13	24	120	21578,408	17,263
H14 - H15	33	165	29670,311	23,736
H' - H"	32	160	28771,211	23,017
H16 - H17	31	155	27872,110	22,298
H18 - H19	46	230	41358,616	33,087
H20 - H21	43	215	38661,315	30,929
H22 - H23	38	190	34165,813	27,333
H24 - H25	64	320	57542,422	46,034
H26 - H28	229	1145	205893,977	164,715

Jalur Pipa	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Debit Pemakaian Air Bersih (L/hari)	Debit Air Limbah (m ³ /hari)
H27 - H28	61	305	54845,121	43,876
H29 - H30	487	2435	437861,864	350,289
H30 - H32	16	80	14385,605	11,508
H31 - H32	91	455	81818,131	65,455
H32 - H33	22	110	19780,207	15,824
H34 - H36	63	315	56643,321	45,315
H35 - H36	85	425	76423,529	61,139
H37 - H38	51	255	45854,117	36,683
Total	8386	41932	7539855,43	6031,884

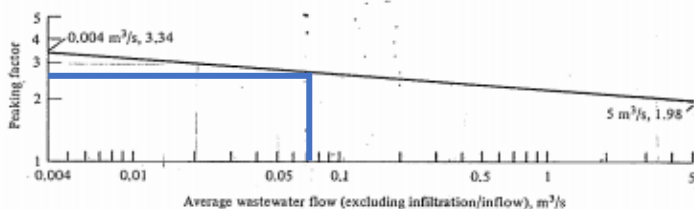
Tabel 6. 2 Perhitungan Debit Air Limbah Rata-Rata Tiap Jalur Cluster II

Jalur Pipa	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Debit Pemakaian Air Bersih (L/hari)	Debit Air Limbah (m ³ /hari)
C1 - C3	35	175	31468,512	25,175
C2 - C3	13	65	11688,304	9,351
C3 - C5	34	170	30569,411	24,456
C4 - C5	15	75	13486,505	10,789
C5 - C7	16	80	14385,605	11,508
C6 - C7	22	110	19780,207	15,824
C8 - D21	28	140	25174,809	20,140
C7 - C10	13	65	11688,304	9,351
C9 - C10	46	230	41358,616	33,087
C10 - D22	37	185	33266,712	26,613
C11 - C13	26	130	23376,609	18,701
C12 - C13	14	70	12587,405	10,070
C13 - D23	24	120	21578,408	17,263

Jalur Pipa	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Debit Pemakaian Air Bersih (L/hari)	Debit Air Limbah (m³/hari)
C14 - C16	38	190	34165,813	27,333
C15 - C16	3	15	2697,301	2,158
C16 - D35	53	265	47652,318	38,122
D1 - D3	30	150	26973,010	21,578
D2 - D3	37	185	33266,712	26,613
D3 - D5	5	25	4495,502	3,596
D4 - D5	39	195	35064,913	28,052
D6 - D10	26	130	23376,609	18,701
D7 - D9	13	65	11688,304	9,351
D8 - D9	9	45	8091,903	6,474
D9 - D10	5	25	4495,502	3,596
D10 - D11	19	95	17082,906	13,666
D11 - D13	13	65	11688,304	9,351
D12 - D13	37	185	33266,712	26,613
D13 - D14	11	55	9890,104	7,912
D5 - D14	29	145	26073,910	20,859
D15 - D16	41	205	36863,114	29,490
D14 - D16	12	60	10789,204	8,631
D16 - D20	23	115	20679,308	16,543
D17 - D19	34	170	30569,411	24,456
D18 - D19	29	145	26073,910	20,859
D24 - D26	26	130	23376,609	18,701
D25 - D26	40	200	35964,014	28,771
D26 - D27	60	300	53946,020	43,157
D28 - D32	44	220	39560,415	31,648
D29 - D31	63	315	56643,321	45,315

Jalur Pipa	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Debit Pemakaian Air Bersih (L/hari)	Debit Air Limbah (m ³ /hari)
D30 - D31	39	195	35064,913	28,052
D31 - D32	4	20	3596,401	2,877
D32 - D34	37	185	33266,712	26,613
D33 - D34	95	475	85414,532	68,332
D27 - D35	23	115	20679,308	16,543
D35 - D36 (IPAL)	110	550	98901,037	79,121
Total	1370	6850	1231767,46	985,41

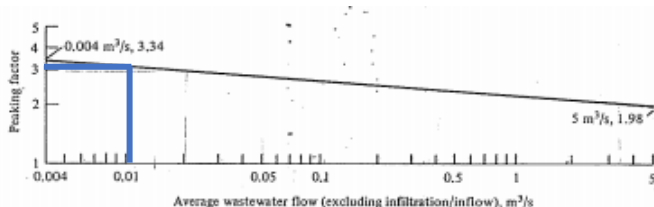
Setelah mengetahui debit air limbah rata-rata kemudian dihitung debit puncak dan debit minimum. Untuk mengetahui faktor puncak maka dilihat grafik faktor puncak *Cluster I* pada Gambar 6.1 dan faktor puncak *Cluster II* pada Gambar 6.2



Gambar 6. 1 Faktor Peak *Cluster I*

Sumber : Metcalf dan Eddy, 1981

Faktor peak = 2,6



Gambar 6. 2 Faktor Peak *Cluster II*

Sumber : Metcalf dan Eddy, 1981

Faktor peak = 3,1

Dari grafik tersebut diperoleh faktor peak sebesar 2,6 untuk *cluster* I dan 3,1 untuk *cluster* II. Sedangkan untuk faktor infiltrasi, berdasarkan *roll of time* penggunaan faktor infiltrasi adalah ketika sistem pengaliran air limbah menggunakan pipa beton bertulang dimana nilai permeabilitasnya cukup besar sehingga memungkinkan air dari luar pipa dapat masuk kedalam sehingga memiliki faktor infiltrasi, sedangkan dalam perencanaan ini digunakan pipa jenis PVC untuk meminimalisir masuknya air dari luar sehingga faktor infiltrasi dianggap tidak ada. Selanjutnya dihitung debit minimum tiap jalur pipa. Berikut merupakan contoh perhitungan debit minimum jalur pipa A1-A4:

$$\begin{aligned}
 \text{- Debit Minimum} &= \frac{1}{5} * Q_{ave} \left(\frac{P}{1000} \right)^{0,2} \\
 &= \frac{1}{5} \times 0,0004 \times \left[\frac{240}{1000} \right]^{0,2} \\
 &= 0,00006 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 5,2 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil perhitungan debit peak dan debit minimum tiap saluran:

Tabel 6. 3 Perhitungan Debit Peak dan Debit Minimum Tiap Jalur Cluster I

Jalur Pipa	Debit Air Limbah rata-rata (m ³ /detik)	Q Peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
A1 - A4	0,00039960	0,00104	0,0000601
A2 - A6	0,00019148	0,00050	0,0000248
A3 - A4	0,00019980	0,00052	0,0000261
A5 - A6	0,00015818	0,00041	0,0000198
A7 - A8	0,00026640	0,00069	0,0000369
A10 - A11	0,00024975	0,00065	0,0000342
A12 - A13	0,00012488	0,00032	0,0000149
A9 - A14	0,00067433	0,00175	0,0001126
A13 - A14	0,00054113	0,00141	0,0000864

Jalur Pipa	Debit Air Limbah rata- rata (m³/detik)	Q Peak (m³/detik)	Q min (m³/detik)
A14 - A40	0,00006660	0,00017	0,0000070
A4 - A39	0,00104063	0,00271	0,0001895
A15 - A38	0,00119880	0,00312	0,0002245
A16 - A37	0,00114053	0,00297	0,0002115
A17 - A36	0,00108225	0,00281	0,0001986
A18 - A35	0,00100733	0,00262	0,0001822
A19 - A23	0,00019148	0,00050	0,0000248
A20 - A22	0,00021645	0,00056	0,0000288
A21 - A22	0,00035798	0,00093	0,0000526
A23 - A25	0,00013320	0,00035	0,0000161
A24 - A25	0,00020813	0,00054	0,0000275
A25 - A27	0,00009158	0,00024	0,0000103
A26 - A27	0,00020813	0,00054	0,0000275
A27 - A29	0,00004995	0,00013	0,0000050
A28 - A29	0,00009990	0,00026	0,0000114
A29 - A34	0,00044955	0,00117	0,0000692
A30 - A33	0,00043290	0,00113	0,0000661
A31 - A32	0,00047453	0,00123	0,0000738
B1 - B3	0,00021645	0,00056	0,0000288
B2 - B3	0,00030803	0,00080	0,0000440
B3 - B5	0,00012488	0,00032	0,0000149
B4 - B5	0,00019148	0,00050	0,0000248
B5 - B7	0,00007493	0,00019	0,0000081
B6 - B7	0,00012488	0,00032	0,0000149
B7 - B8	0,00060773	0,00158	0,0000994
B9 - B19	0,00008325	0,00022	0,0000091

Jalur Pipa	Debit Air Limbah rata-rata (m ³ /detik)	Q Peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
B10 - B14	0,00025808	0,00067	0,0000356
B11 - B13	0,00042458	0,00110	0,0000646
B12 - B13	0,00017483	0,00045	0,0000223
B13 - B14	0,00004163	0,00011	0,0000040
B14 - B15	0,00009158	0,00024	0,0000103
B15 - E18	0,00005828	0,00015	0,0000060
B16 - B18	0,00012488	0,00032	0,0000149
B17 - B18	0,00014153	0,00037	0,0000173
B' - B"	0,00021645	0,00056	0,0000288
B18 - B"	0,00014153	0,00037	0,0000173
B" - B19	0,00016650	0,00043	0,0000210
B20 - B21	0,00036630	0,00095	0,0000541
B22 - B23	0,00064103	0,00167	0,0001059
B24 - B25	0,00055778	0,00145	0,0000896
B23 - B25	0,00003330	0,00009	0,0000030
B26 - B30	0,00047453	0,00123	0,0000738
B27 - B29	0,00043290	0,00113	0,0000661
B28 - B29	0,00014153	0,00037	0,0000173
B31 - E18	0,00016650	0,00043	0,0000210
E1 - E2	0,00039128	0,00102	0,0000586
E3 - E4	0,00024143	0,00063	0,0000328
E4 - E6	0,00018315	0,00048	0,0000236
E5 - E6	0,00035798	0,00093	0,0000526
E6 - E8	0,00059940	0,00156	0,0000977
E7 - E8	0,00034133	0,00089	0,0000497
E9 - E13	0,00017483	0,00045	0,0000223

Jalur Pipa	Debit Air Limbah rata-rata (m ³ /detik)	Q Peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
E10 - E12	0,00044123	0,00115	0,0000677
E11 - E12	0,00025808	0,00067	0,0000356
E13 - E14	0,00018315	0,00048	0,0000236
E8 - E14	0,00014153	0,00037	0,0000173
E15 - E17	0,00050783	0,00132	0,0000801
E16 - E17	0,00023310	0,00061	0,0000315
E17 - E19	0,00012488	0,00032	0,0000149
E18 - E19	0,00070763	0,00184	0,0001193
E19 - E20	0,00010823	0,00028	0,0000125
E14 - E20	0,00014153	0,00037	0,0000173
E21 - E22	0,00064103	0,00167	0,0001059
E20 - E22	0,00024143	0,00063	0,0000328
E22 - E24	0,00004995	0,00013	0,0000050
E23 - E24	0,00046620	0,00121	0,0000723
E24 - E26	0,00018315	0,00048	0,0000236
E25 - E26	0,00056610	0,00147	0,0000912
E26 - E28	0,00009990	0,00026	0,0000114
E27 - E28	0,00067433	0,00175	0,0001126
E28 - E30	0,00023310	0,00061	0,0000315
E29 - E30	0,00068265	0,00177	0,0001142
E30 - E32	0,00026640	0,00069	0,0000369
E31 - E32	0,00053280	0,00139	0,0000848
E33 - E34	0,00057443	0,00149	0,0000929
E32 - E34	0,00008325	0,00022	0,0000091
E34 - E36	0,00012488	0,00032	0,0000149
E35 - E36	0,00024975	0,00065	0,0000342

Jalur Pipa	Debit Air Limbah rata-rata (m ³ /detik)	Q Peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
E36 - E38	0,00014985	0,00039	0,0000185
E37 - E38	0,00043290	0,00113	0,0000661
E39 - E41	0,00025808	0,00067	0,0000356
E40 - E41	0,00051615	0,00134	0,0000817
E38 - E42	0,00007493	0,00019	0,0000081
E41 - E42	0,00004995	0,00013	0,0000050
E42 - F3	0,00079088	0,00206	0,0001363
F1 - F'	0,00009990	0,00026	0,0000114
F2 - F'	0,00019980	0,00052	0,0000261
F' - F3	0,00005828	0,00015	0,0000060
F4 - F5	0,00014153	0,00037	0,0000173
F3 - F5	0,00011655	0,00030	0,0000137
F6 - F8	0,00089910	0,00234	0,0001590
F7 - F8	0,00069098	0,00180	0,0001159
F8 - F10	0,00010823	0,00028	0,0000125
F9 - F10	0,00056610	0,00147	0,0000912
F10 - F12	0,00009158	0,00024	0,0000103
F11 - F12	0,00035798	0,00093	0,0000526
F12 - F18	0,00026640	0,00069	0,0000369
F13 - F15	0,00038295	0,00100	0,0000571
F14 - F15	0,00019980	0,00052	0,0000261
F16 - F17	0,00097403	0,00253	0,0001750
F15 - F17	0,00080753	0,00210	0,0001397
F19 - F20	0,00076590	0,00199	0,0001311
F18 - F20	0,00019980	0,00052	0,0000261
F21 - F22	0,00081585	0,00212	0,0001415

Jalur Pipa	Debit Air Limbah rata-rata (m ³ /detik)	Q Peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
F20 - F22	0,00004995	0,00013	0,0000050
F22 - F23	0,00033300	0,00087	0,0000483
F5 - F23	0,00053280	0,00139	0,0000848
F24 - F25	0,00041625	0,00108	0,0000631
F23 - F25	0,00039128	0,00102	0,0000586
F26 - F27	0,00050783	0,00132	0,0000801
F25 - F27	0,00019148	0,00050	0,0000248
F28 - F29	0,00027473	0,00071	0,0000383
F27 - F29	0,00003330	0,00009	0,0000030
F29 - F31	0,00010823	0,00028	0,0000125
F30 - F31	0,00076590	0,00199	0,0001311
F32 - F34	0,00030803	0,00080	0,0000440
F33 - F34	0,00015818	0,00041	0,0000198
F34 - F36	0,00015818	0,00041	0,0000198
F35 - F36	0,00023310	0,00061	0,0000315
F37 - F39	0,00017483	0,00045	0,0000223
F38 - F39	0,00015818	0,00041	0,0000198
F39 - F41	0,00000833	0,00002	0,0000006
F40 - F41	0,00017483	0,00045	0,0000223
F41 - F42	0,00005828	0,00015	0,0000060
F42 - F43	0,00019980	0,00052	0,0000261
F43 - F46	0,00041625	0,00108	0,0000631
F45 - F46	0,00018315	0,00048	0,0000236
F46 - F48	0,00003330	0,00009	0,0000030
F44 - F48	0,00049950	0,00130	0,0000785
F48 - F50	0,00003330	0,00009	0,0000030

Jalur Pipa	Debit Air Limbah rata-rata (m ³ /detik)	Q Peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
F49 - F50	0,00039128	0,00102	0,0000586
F50 - F52	0,00009158	0,00024	0,0000103
F51 - F52	0,00014153	0,00037	0,0000173
F52 - F59	0,00006660	0,00017	0,0000070
F58 - F59	0,00021645	0,00056	0,0000288
F59 - G15	0,00021645	0,00056	0,0000288
F53 - F55	0,00036630	0,00095	0,0000541
F54 - F55	0,00038295	0,00100	0,0000571
F56 - F57	0,00039960	0,00104	0,0000601
F55 - F57	0,00038295	0,00100	0,0000571
F57 - H40	0,00014985	0,00039	0,0000185
G1 - G3	0,00035798	0,00093	0,0000526
G2- G3	0,00007493	0,00019	0,0000081
G3 - G5	0,00009990	0,00026	0,0000114
G4 - G5	0,00019980	0,00052	0,0000261
G5 - G7	0,00007493	0,00019	0,0000081
G6 - G7	0,00019148	0,00050	0,0000248
G8 - G10	0,00023310	0,00061	0,0000315
G9 - G10	0,00011655	0,00030	0,0000137
G10 - G12	0,00010823	0,00028	0,0000125
G11 - G12	0,00012488	0,00032	0,0000149
G7 - G12	0,00009990	0,00026	0,0000114
G12 - G14	0,00007493	0,00019	0,0000081
G13 - G14	0,00070763	0,00184	0,0001193
G16 - G17	0,00008325	0,00022	0,0000091
G17 - G19	0,00005828	0,00015	0,0000060

Jalur Pipa	Debit Air Limbah rata- rata (m³/detik)	Q Peak (m³/detik)	Q min (m³/detik)
G18 - G19	0,00015818	0,00041	0,0000198
G19 - G21	0,00006660	0,00017	0,0000070
G20 - G21	0,00012488	0,00032	0,0000149
G21 - G23	0,00004163	0,00011	0,0000040
G22 - G23	0,00014153	0,00037	0,0000173
G23 - G25	0,00003330	0,00009	0,0000030
G24 - G25	0,00029970	0,00078	0,0000425
G26 - G27	0,00014985	0,00039	0,0000185
G27 - G29	0,00002498	0,00006	0,0000022
G30 - G31	0,00030803	0,00080	0,0000440
G29 - G31	0,00004163	0,00011	0,0000040
G28 - G29	0,00020813	0,00054	0,0000275
G31 - G35	0,00003330	0,00009	0,0000030
G32 - G34	0,00008325	0,00022	0,0000091
G33 - G34	0,00003330	0,00009	0,0000030
G34 - G35	0,00025808	0,00067	0,0000356
G36 - G37	0,00015818	0,00041	0,0000198
G35 - G37	0,00003330	0,00009	0,0000030
G37 - G39	0,00000833	0,00002	0,0000006
G40 - G41	0,00024975	0,00065	0,0000342
G38 - G39	0,00019148	0,00050	0,0000248
G42 - G43	0,00022478	0,00058	0,0000301
G43 - G45	0,00026640	0,00069	0,0000369
G44 - G45	0,00034965	0,00091	0,0000512
G45 - G47	0,00015818	0,00041	0,0000198
G46 - G47	0,00026640	0,00069	0,0000369

Jalur Pipa	Debit Air Limbah rata-rata (m ³ /detik)	Q Peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
G47 - G49	0,00004163	0,00011	0,0000040
G48 - G49	0,00018315	0,00048	0,0000236
G49 - H39	0,00001665	0,00004	0,0000013
H1 - H3	0,00057443	0,00149	0,0000929
H2 - H3	0,00024975	0,00065	0,0000342
H4 - H5	0,00030803	0,00080	0,0000440
H5 - H7	0,00045788	0,00119	0,0000707
H6 - H7	0,00034965	0,00091	0,0000512
H8 - H9	0,00079088	0,00206	0,0001363
H9 - H11	0,00018315	0,00048	0,0000236
H10 - H11	0,00059940	0,00156	0,0000977
H11 - H13	0,00008325	0,00022	0,0000091
H12 - H13	0,00019980	0,00052	0,0000261
H14 - H15	0,00027473	0,00071	0,0000383
H' - H"	0,00026640	0,00069	0,0000369
H16 - H17	0,00025808	0,00067	0,0000356
H18 - H19	0,00038295	0,00100	0,0000571
H20 - H21	0,00035798	0,00093	0,0000526
H22 - H23	0,00031635	0,00082	0,0000454
H24 - H25	0,00053280	0,00139	0,0000848
H26 - H28	0,00190643	0,00496	0,0003918
H27 - H28	0,00050783	0,00132	0,0000801
H29 - H30	0,00405428	0,01054	0,0009688
H30 - H32	0,00013320	0,00035	0,0000161
H31 - H32	0,00075758	0,00197	0,0001294
H32 - H33	0,00018315	0,00048	0,0000236

Jalur Pipa	Debit Air Limbah rata-rata (m ³ /detik)	Q Peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
H34 - H36	0,00052448	0,00136	0,0000833
H35 - H36	0,00070763	0,00184	0,0001193
H37 - H38	0,00042458	0,00110	0,0000646

Tabel 6. 4 Perhitungan Debit Peak dan Debit Minimum Tiap Jalur Cluster II

Jalur Pipa	Debit Air Limbah rata-rata (m ³ /detik)	Q Peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
C1 - C3	0,000291	0,000903	0,000041
C2 - C3	0,000108	0,000335	0,000013
C3 - C5	0,000283	0,000877	0,000040
C4 - C5	0,000125	0,000387	0,000015
C5 - C7	0,000133	0,000413	0,000016
C6 - C7	0,000183	0,000568	0,000024
C8 - D21	0,000233	0,000723	0,000031
C7 - C10	0,000108	0,000335	0,000013
C9 - C10	0,000383	0,001187	0,000057
C10 - D22	0,000308	0,000955	0,000044
C11 - C13	0,000216	0,000671	0,000029
C12 - C13	0,000117	0,000361	0,000014
C13 - D23	0,000200	0,000619	0,000026
C14 - C16	0,000316	0,000981	0,000045
C15 - C16	0,000025	0,000077	0,000002
C16 - D35	0,000441	0,001368	0,000068
D1 - D3	0,000250	0,000774	0,000034
D2 - D3	0,000308	0,000955	0,000044
D3 - D5	0,000042	0,000129	0,000004

Jalur Pipa	Debit Air Limbah rata-rata (m³/detik)	Q Peak (m³/detik)	Q min (m³/detik)
D4 - D5	0,000325	0,001006	0,000047
D6 - D10	0,000216	0,000671	0,000029
D7 - D9	0,000108	0,000335	0,000013
D8 - D9	0,000075	0,000232	0,000008
D9 - D10	0,000042	0,000129	0,000004
D10 - D11	0,000158	0,000490	0,000020
D11 - D13	0,000108	0,000335	0,000013
D12 - D13	0,000308	0,000955	0,000044
D13 - D14	0,000092	0,000284	0,000010
D5 - D14	0,000241	0,000748	0,000033
D15 - D16	0,000341	0,001058	0,000050
D14 - D16	0,000100	0,000310	0,000011
D16 - D20	0,000191	0,000594	0,000025
D17 - D19	0,000283	0,000877	0,000040
D18 - D19	0,000241	0,000748	0,000033
D24 - D26	0,000216	0,000671	0,000029
D25 - D26	0,000333	0,001032	0,000048
D26 - D27	0,000500	0,001548	0,000079
D28 - D32	0,000366	0,001136	0,000054
D29 - D31	0,000524	0,001626	0,000083
D30 - D31	0,000325	0,001006	0,000047
D31 - D32	0,000033	0,000103	0,000003
D32 - D34	0,000308	0,000955	0,000044
D33 - D34	0,000791	0,002452	0,000136
D27 - D35	0,000191	0,000594	0,000025
D35 - D36 (IPAL)	0,000916	0,002839	0,000163

6.4 Pembebanan SPAL

Setiap pipa SPAL yang dialirkan melalui pipa tersier dari setiap rumah, akan memberikan beban debit maupun tekanan kepada pipa sekunder, begitu juga dengan pipa sekunder yang memberikan beban debit maupun tekanan ke pipa primer sebelum menuju ke IPAL. Saluran pipa SPAL akan menerima beban debit yang berbeda-beda sesuai dengan tata letak daerah pelayanannya yang dipengaruhi juga oleh jumlah penduduk yang terlayani dalam daerah tersebut. Hasil perhitungan untuk pembebanan pipa disemua jalur pada semua *Cluster* disajikan pada Tabel 6.5

Tabel 6. 5 Pembebanan Tiap Pipa *Cluster* I

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
A6 - A8	A2 - A6	0,000191	0,000498	0,000025
	A5 - A6	0,000158	0,000411	0,000020
Total		0,000350	0,000909	0,000045
A8 - 11	A6 - A8	0,000350	0,000909	0,000045
	A7 - A8	0,000266	0,000693	0,000037
Total		0,000616	0,001602	0,000082
A11 - A13	A8 - 11	0,000616	0,001602	0,000082
	A10 - A11	0,000250	0,000649	0,000034
Total		0,000866	0,002251	0,000116
A13 - A14	A13 - A14	0,000541	0,001407	0,000086
	A11 - A13	0,000866	0,002251	0,000116
	A12 - A13	0,000125	0,000325	0,000015
Total		0,001532	0,003983	0,000217
A14 - A40	A14 - A40	0,000067	0,000173	0,000007
	A9 - A14	0,000674	0,001753	0,000113
	A13 - A14	0,001532	0,003983	0,000217

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
Total		0,002273	0,005909	0,000337
A4 - A39	A4 - A39	0,001041	0,002706	0,000189
	A1 - A4	0,000400	0,001039	0,000060
	A3 - A4	0,000200	0,000519	0,000026
Total		0,001640	0,004264	0,000276
A22 - A23	A20 - A22	0,000216	0,000563	0,000029
	A21 - A22	0,000358	0,000931	0,000053
Total		0,000574	0,001494	0,000081
A23 - A25	A23 - A25	0,000133	0,000346	0,000016
	A19 - A23	0,000191	0,000498	0,000025
	A22 - A23	0,000574	0,001494	0,000081
Total		0,000899	0,002338	0,000122
A25 - A27	A25 - A27	0,000092	0,000238	0,000010
	A23 - A25	0,000899	0,002338	0,000122
	A24 - A25	0,000208	0,000541	0,000027
Total		0,001199	0,003117	0,000160
A27 - A29	A27 - A29	0,000050	0,000130	0,000005
	A25 - A27	0,001199	0,003117	0,000160
	A26 - A27	0,000208	0,000541	0,000027
Total		0,001457	0,003788	0,000192
A29 - A34	A29 - A34	0,000450	0,001169	0,000069
	A27 - A29	0,001457	0,003788	0,000192
	A28 - A29	0,000100	0,000260	0,000011
Total		0,002006	0,005216	0,000273
A32 - A33	A31 - A32	0,000475	0,001234	0,000074
Total		0,000475	0,001234	0,000074

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
A33 - A34	A30 - A33	0,000433	0,001126	0,000066
	A32 - A33	0,000475	0,001234	0,000074
Total		0,000907	0,002359	0,000140
A34 - A35	A29 - A34	0,002006	0,005216	0,000273
	A33 - A34	0,000907	0,002359	0,000140
Total		0,002914	0,007576	0,000413
A35 - A36	A18 - A35	0,001007	0,002619	0,000182
	A34 - A35	0,002914	0,007576	0,000413
Total		0,003921	0,010195	0,000595
A36 - A37	A17 - A36	0,001082	0,002814	0,000199
	A35 - A36	0,003921	0,010195	0,000595
Total		0,005003	0,013009	0,000794
A37 - A38	A16 - A37	0,001141	0,002965	0,000211
	A36 - A37	0,005003	0,013009	0,000794
Total		0,006144	0,015974	0,001005
A38 - A39	A15 - A38	0,001199	0,003117	0,000225
	A37 - A38	0,006144	0,015974	0,001005
Total		0,007343	0,019091	0,001230
A39 - A40	A4 - A39	0,001640	0,004264	0,000276
	A38 - A39	0,007343	0,019091	0,001230
Total		0,008983	0,023355	0,001506
A40 - H34	A14 - A40	0,002273	0,005909	0,000337
	A39 - A40	0,008983	0,023355	0,001506
Total		0,011255	0,029264	0,001842
B3 - B5	B3 - B5	0,000125	0,000325	0,000015
	B1 - B3	0,000216	0,000563	0,000029

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
	B2 - B3	0,000308	0,000801	0,000044
Total		0,000649	0,001688	0,000088
B5 - B7	B5 - B7	0,000075	0,000195	0,000008
	B3 - B5	0,000649	0,001688	0,000088
	B4 - B5	0,000191	0,000498	0,000025
Total		0,000916	0,002381	0,000121
B7 - B8	B7 - B8	0,000608	0,001580	0,000099
	B5 - B7	0,000916	0,002381	0,000121
	B6 - B7	0,000125	0,000325	0,000015
Total		0,001648	0,004286	0,000235
B13 - B14	B13 - B14	0,000042	0,000108	0,000004
	B11 - B13	0,000425	0,001104	0,000065
	B12 - B13	0,000175	0,000455	0,000022
Total		0,000641	0,001667	0,000091
B14 - B15	B14 - B15	0,000092	0,000238	0,000010
	B10 - B14	0,000258	0,000671	0,000036
	B13 - B14	0,000641	0,001667	0,000091
Total		0,000991	0,002576	0,000137
B8 - B15	B7 - B8	0,001648	0,004286	0,000235
Total		0,001648	0,004286	0,000235
B15 - E18	B15 - E18	0,000058	0,000152	0,000006
	B8 - B15	0,001648	0,004286	0,000235
	B14 - B15	0,000991	0,002576	0,000137
Total		0,002697	0,007013	0,000377
B18 - B"	B18 - B"	0,000142	0,000368	0,000017
	B16 - B18	0,000125	0,000325	0,000015

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
	B17 - B18	0,000142	0,000368	0,000017
Total		0,000408	0,001061	0,000049
B" - B19	B" - B19	0,000167	0,000433	0,000021
	B' - B"	0,000216	0,000563	0,000029
	B18 - B"	0,000408	0,001061	0,000049
Total		0,000791	0,002056	0,000099
B19 - B21	B9 - B19	0,000083	0,000216	0,000009
	B" - B19	0,000791	0,002056	0,000099
Total		0,000874	0,002273	0,000108
B21 - B23	B19 - B21	0,000874	0,002273	0,000108
	B20 - B21	0,000366	0,000952	0,000054
Total		0,001240	0,003225	0,000163
B23 - B25	B23 - B25	0,000033	0,000087	0,000003
	B21 - B23	0,001240	0,003225	0,000163
	B22 - B23	0,000641	0,001667	0,000106
Total		0,001915	0,004978	0,000271
B25 - B31	B23 - B25	0,001915	0,004978	0,000271
	B24 - B25	0,000558	0,001450	0,000090
Total		0,002473	0,006429	0,000361
B29 - B30	B27 - B29	0,000433	0,001126	0,000066
	B28 - B29	0,000142	0,000368	0,000017
Total		0,000574	0,001494	0,000083
B30 - B31	B26 - B30	0,000475	0,001234	0,000074
	B29 - B30	0,000574	0,001494	0,000083
Total		0,001049	0,002727	0,000157
B31 - E18	B31 - E18	0,000167	0,000433	0,000021

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
	B25 - B31	0,002473	0,006429	0,000361
	B30 - B31	0,001049	0,002727	0,000157
Total		0,003688	0,009589	0,000539
E2 - E4	E1 - E2	0,000391	0,001017	0,000059
Total		0,000391	0,001017	0,000059
E4 - E6	E4 - E6	0,000183	0,000476	0,000024
	E2 - E4	0,000391	0,001017	0,000059
	E3 - E4	0,000241	0,000628	0,000033
Total		0,000816	0,002121	0,000115
E6 - E8	E6 - E8	0,000599	0,001558	0,000098
	E4 - E6	0,000816	0,002121	0,000115
	E5 - E6	0,000358	0,000931	0,000053
Total		0,001773	0,004610	0,000265
E12 - E13	E10 - E12	0,000441	0,001147	0,000068
	E11 - E12	0,000258	0,000671	0,000036
Total		0,000699	0,001818	0,000103
E13 - E14	E13 - E14	0,000183	0,000476	0,000024
	E9 - E13	0,000175	0,000455	0,000022
	E12 - E13	0,000699	0,001818	0,000103
Total		0,001057	0,002749	0,000149
E8 - E14	E8 - E14	0,000142	0,000368	0,000017
	E6 - E8	0,001773	0,004610	0,000265
	E7 - E8	0,000341	0,000887	0,000050
Total		0,002256	0,005866	0,000332
E17 - E19	E17 - E19	0,000125	0,000325	0,000015
	E15 - E17	0,000508	0,001320	0,000080

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
	E16 - E17	0,000233	0,000606	0,000031
Total		0,000866	0,002251	0,000126
E18 - E19	E18 - E19	0,000708	0,001840	0,000119
	B15 - E18	0,002697	0,007013	0,000377
	B31 - E18	0,003688	0,009589	0,000539
Total		0,007093	0,018442	0,001036
E19 - E20	E19 - E20	0,000108	0,000281	0,000013
	E18 - E19	0,007093	0,018442	0,001036
	E17 - E19	0,000866	0,002251	0,000126
Total		0,008067	0,020974	0,001175
E14 - E20	E14 - E20	0,000142	0,000368	0,000017
	E8 - E14	0,002256	0,005866	0,000332
	E13 - E14	0,001057	0,002749	0,000149
Total		0,003455	0,008983	0,000499
E20 - E22	E20 - E22	0,000241	0,000628	0,000033
	E19 - E20	0,008067	0,020974	0,001175
	E14 - E20	0,003455	0,008983	0,000499
Total		0,011763	0,030584	0,001707
E22 - E24	E22 - E24	0,000050	0,000130	0,000005
	E21 - E22	0,000641	0,001667	0,000106
	E20 - E22	0,011763	0,030584	0,001707
Total		0,012454	0,032381	0,001817
E24 - E26	E24 - E26	0,000183	0,000476	0,000024
	E23 - E24	0,000466	0,001212	0,000072
	E22 - E24	0,012454	0,032381	0,001817
Total		0,013104	0,034069	0,001913

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
E26 - E28	E26 - E28	0,000100	0,000260	0,000011
	E24 - E26	0,013104	0,034069	0,001913
	E25 - E26	0,000566	0,001472	0,000091
Total		0,013770	0,035801	0,002016
E28 - E30	E28 - E30	0,000233	0,000606	0,000031
	E26 - E28	0,013770	0,035801	0,002016
	E27 - E28	0,000674	0,001753	0,000113
Total		0,014677	0,038160	0,002160
E30 - E32	E30 - E32	0,000266	0,000693	0,000037
	E28 - E30	0,014677	0,038160	0,002160
	E29 - E30	0,000683	0,001775	0,000114
Total		0,015626	0,040628	0,002311
E32 - E34	E32 - E34	0,000083	0,000216	0,000009
	E30 - E32	0,015626	0,040628	0,002311
	E31 - E32	0,000533	0,001385	0,000085
Total		0,016242	0,042229	0,002405
E34 - E36	E34 - E36	0,000125	0,000325	0,000015
	E33 - E34	0,000574	0,001494	0,000093
	E32 - E34	0,016242	0,042229	0,002405
Total		0,016941	0,044048	0,002513
E36 - E38	E36 - E38	0,000150	0,000390	0,000019
	E35 - E36	0,000250	0,000649	0,000034
	E34 - E36	0,016941	0,044048	0,002513
Total		0,017341	0,045087	0,002565
E38 - E42	E38 - E42	0,000075	0,000195	0,000008
	E36 - E38	0,017341	0,045087	0,002565

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
	E37 - E38	0,000433	0,001126	0,000066
Total		0,017849	0,046407	0,002640
E41 - E42	E41 - E42	0,000050	0,000130	0,000005
	E39 - E41	0,000258	0,000671	0,000036
	E40 - E41	0,000516	0,001342	0,000082
Total		0,000824	0,002143	0,000122
E42 - F3	E42 - F3	0,000791	0,002056	0,000136
	E41 - E42	0,000824	0,002143	0,000122
	E38 - E42	0,017849	0,046407	0,002640
Total		0,019464	0,050606	0,002898
F' - F3	F' - F3	0,000058	0,000152	0,000006
	F1 - F'	0,000100	0,000260	0,000011
	F2 - F'	0,000200	0,000519	0,000026
Total		0,000358	0,000931	0,000043
F3 - F5	F3 - F5	0,000117	0,000303	0,000014
	F' - F3	0,000358	0,000931	0,000043
	E42 - F3	0,019464	0,050606	0,002898
Total		0,019938	0,051840	0,002955
F8 - F10	F8 - F10	0,000108	0,000281	0,000013
	F6 - F8	0,000899	0,002338	0,000159
	F7 - F8	0,000691	0,001797	0,000116
Total		0,001698	0,004416	0,000287
F10 - F12	F10 - F12	0,000092	0,000238	0,000010
	F8 - F10	0,001698	0,004416	0,000287
	F9 - F10	0,000566	0,001472	0,000091
Total		0,002356	0,006126	0,000389

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
F12 - F18	F12 - F18	0,000266	0,000693	0,000037
	F10 - F12	0,002356	0,006126	0,000389
	F11 - F12	0,000358	0,000931	0,000053
Total		0,002980	0,007749	0,000478
F15 - F17	F15 - F17	0,000808	0,002100	0,000140
	F13 - F15	0,000383	0,000996	0,000057
	F14 - F15	0,000200	0,000519	0,000026
Total		0,001390	0,003615	0,000223
F17 - F18	F16 - F17	0,000974	0,002532	0,000175
	F15 - F17	0,001390	0,003615	0,000223
Total		0,002364	0,006147	0,000398
F18 - F20	F18 - F20	0,000200	0,000519	0,000026
	F12 - F18	0,002980	0,007749	0,000478
	F17 - F18	0,002364	0,006147	0,000398
Total		0,005544	0,014416	0,000903
F20 - F22	F20 - F22	0,000050	0,000130	0,000005
	F19 - F20	0,000766	0,001991	0,000131
	F18 - F20	0,005544	0,014416	0,000903
Total		0,006360	0,016537	0,001039
F22 - F23	F22 - F23	0,000333	0,000866	0,000048
	F21 - F22	0,000816	0,002121	0,000141
	F20 - F22	0,006360	0,016537	0,001039
Total		0,007509	0,019524	0,001228
F5 - F23	F5 - F23	0,000533	0,001385	0,000085
	F4 - F5	0,000142	0,000368	0,000017
	F3 - F5	0,019938	0,051840	0,002955

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
Total		0,020613	0,053593	0,003057
F23 - F25	F23 - F25	0,000391	0,001017	0,000059
	F22 - F23	0,007509	0,019524	0,001228
	F5 - F23	0,020613	0,053593	0,003057
Total		0,028513	0,074134	0,004345
F25 - F27	F25 - F27	0,000191	0,000498	0,000025
	F24 - F25	0,000416	0,001082	0,000063
	F23 - F25	0,028513	0,074134	0,004345
Total		0,029121	0,075714	0,004432
F27 - F29	F27 - F29	0,000033	0,000087	0,000003
	F26 - F27	0,000508	0,001320	0,000080
	F25 - F27	0,029121	0,075714	0,004432
Total		0,029662	0,077121	0,004516
F29 - F31	F29 - F31	0,000108	0,000281	0,000013
	F28 - F29	0,000275	0,000714	0,000038
	F27 - F29	0,029662	0,077121	0,004516
Total		0,030045	0,078117	0,004566
F34 - F36	F34 - F36	0,000158	0,000411	0,000020
	F32 - F34	0,000308	0,000801	0,000044
	F33 - F34	0,000158	0,000411	0,000020
Total		0,000624	0,001623	0,000083
F36 - F42	F34 - F36	0,000624	0,001623	0,000083
	F35 - F36	0,000233	0,000606	0,000031
Total		0,000857	0,002229	0,000115
F39 - F41	F39 - F41	0,000008	0,000022	0,000001
	F38 - F39	0,000158	0,000411	0,000020

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
	F37 - F39	0,000175	0,000455	0,000022
Total		0,000341	0,000887	0,000043
F41 - F42	F41 - F42	0,000058	0,000152	0,000006
	F40 - F41	0,000175	0,000455	0,000022
	F39 - F41	0,000341	0,000887	0,000043
Total		0,000574	0,001494	0,000071
F31 - F43	F30 - F31	0,000766	0,001991	0,000131
	F29 - F31	0,030045	0,078117	0,004566
Total		0,030811	0,080108	0,004698
F42 - F43	F42 - F43	0,000200	0,000519	0,000026
	F36 - F42	0,000857	0,002229	0,000115
	F41 - F42	0,000574	0,001494	0,000071
Total		0,001632	0,004242	0,000212
F43 - F46	F43 - F46	0,000416	0,001082	0,000063
	F42 - F43	0,001632	0,004242	0,000212
	F31 - F43	0,030811	0,080108	0,004698
Total		0,032859	0,085433	0,004973
F46 - F48	F46 - F48	0,000033	0,000087	0,000003
	F45 - F46	0,000183	0,000476	0,000024
	F43 - F46	0,032859	0,085433	0,004973
Total		0,033075	0,085996	0,004999
F48 - F50	F48 - F50	0,000033	0,000087	0,000003
	F46 - F48	0,033075	0,085996	0,004999
	F44 - F48	0,000500	0,001299	0,000079
Total		0,033608	0,087381	0,005081
F50 - F52	F50 - F52	0,000092	0,000238	0,000010

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
	F49 - F50	0,000391	0,001017	0,000059
	F48 - F50	0,033608	0,087381	0,005081
Total		0,034091	0,088636	0,005150
F52 - F59	F52 - F59	0,000067	0,000173	0,000007
	F51 - F52	0,000142	0,000368	0,000017
	F50 - F52	0,034091	0,088636	0,005150
Total		0,034299	0,089177	0,005174
F59 - G15	F59 - G15	0,000216	0,000563	0,000029
	F52 - F59	0,034299	0,089177	0,005174
	F58 - F59	0,000216	0,000563	0,000029
Total		0,034732	0,090303	0,005231
F55 - F57	F55 - F57	0,000383	0,000996	0,000057
	F53 - F55	0,000366	0,000952	0,000054
	F54 - F55	0,000383	0,000996	0,000057
Total		0,001132	0,002944	0,000168
F57 - H40	F57 - H40	0,000150	0,000390	0,000019
	F55 - F57	0,001132	0,002944	0,000168
	F56 - F57	0,000400	0,001039	0,000060
Total		0,001682	0,004372	0,000247
G3 - G5	G3 - G5	0,000100	0,000260	0,000011
	G1 - G3	0,000358	0,000931	0,000053
	G2- G3	0,000075	0,000195	0,000008
Total		0,000533	0,001385	0,000072
G5 - G7	G5 - G7	0,000075	0,000195	0,000008
	G3 - G5	0,000533	0,001385	0,000072
	G4 - G5	0,000200	0,000519	0,000026

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
Total		0,000808	0,002100	0,000106
G10 - G12	G10 - G12	0,000108	0,000281	0,000013
	G8 - G10	0,000233	0,000606	0,000031
	G9 - G10	0,000117	0,000303	0,000014
Total		0,000458	0,001190	0,000058
G7 - G12	G7 - G12	0,000100	0,000260	0,000011
	G5 - G7	0,000808	0,002100	0,000106
	G6 - G7	0,000191	0,000498	0,000025
Total		0,001099	0,002857	0,000143
G12 - G14	G12 - G14	0,000075	0,000195	0,000008
	G10 - G12	0,000458	0,001190	0,000058
	G11 - G12	0,000125	0,000325	0,000015
	G7 - G12	0,001099	0,002857	0,000143
Total		0,001757	0,004567	0,000223
G14 - G15	G12 - G14	0,001757	0,004567	0,000223
	G13 - G14	0,000708	0,001840	0,000119
Total		0,002464	0,006407	0,000342
G15 - H40	G14 - G15	0,002464	0,006407	0,000342
	F59 - G15	0,034732	0,090303	0,005231
Total		0,037196	0,096710	0,005574
G17 - G19	G17 - G19	0,000058	0,000152	0,000006
	G16 - G17	0,000083	0,000216	0,000009
Total		0,000142	0,000368	0,000015
G19 - G21	G19 - G21	0,000067	0,000173	0,000007
	G17 - G19	0,000142	0,000368	0,000015
	G18 - G19	0,000158	0,000411	0,000020

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
Total		0,000366	0,000952	0,000042
G21 - G23	G21 - G23	0,000042	0,000108	0,000004
	G19 - G21	0,000366	0,000952	0,000042
	G20 - G21	0,000125	0,000325	0,000015
Total		0,000533	0,001385	0,000061
G23 - G25	G23 - G25	0,000033	0,000087	0,000003
	G21 - G23	0,000533	0,001385	0,000061
	G22 - G23	0,000142	0,000368	0,000017
Total		0,000708	0,001840	0,000081
G25 - G27	G23 - G25	0,000708	0,001840	0,000081
	G24 - G25	0,000300	0,000779	0,000043
Total		0,001007	0,002619	0,000124
G27 - G29	G27 - G29	0,000025	0,000065	0,000002
	G25 - G27	0,001007	0,002619	0,000124
	G26 - G27	0,000150	0,000390	0,000019
Total		0,001182	0,003074	0,000144
G29 - G31	G29 - G31	0,000042	0,000108	0,000004
	G28 - G29	0,000208	0,000541	0,000027
	G27 - G29	0,001182	0,003074	0,000144
Total		0,001432	0,003723	0,000176
G31 - G35	G31 - G35	0,000033	0,000087	0,000003
	G30 - G31	0,000308	0,000801	0,000044
	G29 - G31	0,001432	0,003723	0,000176
Total		0,001773	0,004610	0,000223
G34 - G35	G34 - G35	0,000258	0,000671	0,000036
	G32 - G34	0,000083	0,000216	0,000009

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
	G33 - G34	0,000033	0,000087	0,000003
Total		0,000375	0,000974	0,000048
G35 - G37	G35 - G37	0,000033	0,000087	0,000003
	G31 - G35	0,001773	0,004610	0,000223
	G34 - G35	0,000375	0,000974	0,000048
Total		0,002181	0,005671	0,000273
G37 - G39	G37 - G39	0,000008	0,000022	0,000001
	G35 - G37	0,002181	0,005671	0,000273
	G36 - G37	0,000158	0,000411	0,000020
Total		0,002348	0,006104	0,000294
G39 - G41	G37 - G39	0,002348	0,006104	0,000294
	G38 - G39	0,000191	0,000498	0,000025
Total		0,002539	0,006602	0,000319
G41 - G43	G39 - G41	0,002539	0,006602	0,000319
	G40 - G41	0,000250	0,000649	0,000034
Total		0,002789	0,007251	0,000353
G43 - G45	G43 - G45	0,000266	0,000693	0,000037
	G42 - G43	0,000225	0,000584	0,000030
	G41 - G43	0,002789	0,007251	0,000353
Total		0,003280	0,008528	0,000420
G45 - G47	G45 - G47	0,000158	0,000411	0,000020
	G43 - G45	0,003280	0,008528	0,000420
	G44 - G45	0,000350	0,000909	0,000051
Total		0,003788	0,009848	0,000491
G47 - G49	G47 - G49	0,000042	0,000108	0,000004
	G46 - G47	0,000266	0,000693	0,000037

Jalur Pipa		Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
		G45 - G47	0,003788	0,009848	0,000491
Total			0,004096	0,010649	0,000532
G49 - H39		G49 - H39	0,000017	0,000043	0,000001
		G48 - G49	0,000183	0,000476	0,000024
		G47 - G49	0,004096	0,010649	0,000532
	Total		0,004296	0,011169	0,000557
H3 - H5		H1 - H3	0,000574	0,001494	0,000093
		H2 - H3	0,000250	0,000649	0,000034
Total			0,000824	0,002143	0,000127
H5 - H7		H5 - H7	0,000458	0,001190	0,000071
		H3 - H5	0,000824	0,002143	0,000127
		H4 - H5	0,000308	0,000801	0,000044
Total			0,001590	0,004134	0,000242
H7 - H9		H5 - H7	0,001590	0,004134	0,000242
		H6 - H7	0,000350	0,000909	0,000051
Total			0,001940	0,005043	0,000293
H9 - H11		H9 - H11	0,000183	0,000476	0,000024
		H7 - H9	0,001940	0,005043	0,000293
		H8 - H9	0,000791	0,002056	0,000136
Total			0,002914	0,007576	0,000453
H11 - H13		H11 - H13	0,000083	0,000216	0,000009
		H9 - H11	0,002914	0,007576	0,000453
		H10 - H11	0,000599	0,001558	0,000098
Total			0,003596	0,009351	0,000560
H13 - H15		H11 - H13	0,003596	0,009351	0,000560
		H12 - H13	0,000200	0,000519	0,000026

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
Total		0,003796	0,009870	0,000586
H15 - H"	H13 - H15	0,003796	0,009870	0,000586
	H14 - H15	0,000275	0,000714	0,000038
Total		0,004071	0,010584	0,000624
H" - H17	H' - H"	0,000266	0,000693	0,000037
	H15 - H"	0,004071	0,010584	0,000624
Total		0,004337	0,011277	0,000661
H17 - H19	H16 - H17	0,000258	0,000671	0,000036
	H" - H17	0,004337	0,011277	0,000661
Total		0,004595	0,011948	0,000697
H19 - H21	H17 - H19	0,004595	0,011948	0,000697
	H18 - H19	0,000383	0,000996	0,000057
Total		0,004978	0,012944	0,000754
H21 - H23	H19 - H21	0,004978	0,012944	0,000754
	H20 - H21	0,000358	0,000931	0,000053
Total		0,005336	0,013874	0,000806
H23 - H25	H21 - H23	0,005336	0,013874	0,000806
	H22 - H23	0,000316	0,000823	0,000045
Total		0,005653	0,014697	0,000852
H25 - H33	H23 - H25	0,005653	0,014697	0,000852
	H24 - H25	0,000533	0,001385	0,000085
Total		0,006185	0,016082	0,000937
H28 - H30	H26 - H28	0,001906	0,004957	0,000392
	H27 - H28	0,000508	0,001320	0,000080
Total		0,002414	0,006277	0,000472
H30 - H32	H30 - H32	0,000133	0,000346	0,000016

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
	H29 - H30	0,004054	0,010541	0,000969
	H28 - H30	0,002414	0,006277	0,000472
Total		0,006602	0,017164	0,001457
H32 - H33	H32 - H33	0,000183	0,000476	0,000024
	H30 - H32	0,006602	0,017164	0,001457
	H31 - H32	0,000758	0,001970	0,000129
Total		0,007542	0,019610	0,001610
H33 - H34	H25 - H33	0,006185	0,016082	0,000937
	H32 - H33	0,007542	0,019610	0,001610
Total		0,013728	0,035693	0,002546
H34 - H36	H34 - H36	0,000524	0,001364	0,000083
	A40 - H34	0,011255	0,029264	0,001842
	H33 - H34	0,013728	0,035693	0,002546
Total		0,025508	0,066320	0,004472
H36 - H38	H34 - H36	0,025508	0,066320	0,004472
	H35 - H36	0,000708	0,001840	0,000119
Total		0,026215	0,068160	0,004591
H38 - H39	H37 - H38	0,000425	0,001104	0,000065
	H36 - H38	0,026215	0,068160	0,004591
Total		0,026640	0,069264	0,004656
H39 - H40	G49 - H39	0,004296	0,011169	0,000557
	H38 - H39	0,026640	0,069264	0,004656
Total		0,030936	0,080433	0,005212
H40 - H41 (IPAL)	H39 - H40	0,030936	0,080433	0,005212
	G15 - H40	0,037196	0,096710	0,005574
	F57 - H40	0,001682	0,004372	0,000247

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
Total		0,069813	0,181515	0,011033

Tabel 6. 6 Perhitungan Pembebanan Tiap Jalur *Cluster* II

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
C3 - C5	C3 - C5	0,000283	0,000877	0,000040
	C1 - C3	0,000291	0,000903	0,000041
	C2 - C3	0,000108	0,000335	0,000013
Total		0,000683	0,002116	0,000093
C5 - C7	C5 - C7	0,000133	0,000413	0,000016
	C3 - C5	0,000683	0,002116	0,000093
	C4 - C5	0,000125	0,000387	0,000015
Total		0,000941	0,002916	0,000124
C7 - C10	C7 - C10	0,000108	0,000335	0,000013
	C5 - C7	0,000941	0,002916	0,000124
	C6 - C7	0,000183	0,000568	0,000024
Total		0,001232	0,003820	0,000160
C10 - D22	C10 - D22	0,000308	0,000955	0,000044
	C7 - C10	0,001232	0,003820	0,000160
	C9 - C10	0,000383	0,001187	0,000057
Total		0,001923	0,005962	0,000261
C13 - D23	C13 - D23	0,000200	0,000619	0,000026
	C11 - C13	0,000216	0,000671	0,000029
	C12 - C13	0,000117	0,000361	0,000014
Total		0,000533	0,001652	0,000069

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
C16 - D35	C16 - D35	0,000441	0,001368	0,000068
	C14 - C16	0,000316	0,000981	0,000045
	C15 - C16	0,000025	0,000077	0,000002
Total		0,000783	0,002426	0,000115
D3 - D5	D3 - D5	0,000042	0,000129	0,000004
	D1 - D3	0,000250	0,000774	0,000034
	D2 - D3	0,000308	0,000955	0,000044
Total		0,000599	0,001858	0,000082
D9 - D10	D9 - D10	0,000042	0,000129	0,000004
	D7 - D9	0,000108	0,000335	0,000013
	D8 - D9	0,000075	0,000232	0,000008
Total		0,000225	0,000697	0,000025
D10 - D11	D10 - D11	0,000158	0,000490	0,000020
	D9 - D10	0,000225	0,000697	0,000025
	D6 - D10	0,000216	0,000671	0,000029
Total		0,000599	0,001858	0,000073
D11 - D13	D11 - D13	0,000108	0,000335	0,000013
	D10 - D11	0,000599	0,001858	0,000073
Total		0,000708	0,002194	0,000086
D13 - D14	D13 - D14	0,000092	0,000284	0,000010
	D11 - D13	0,000708	0,002194	0,000086
	D12 - D13	0,000308	0,000955	0,000044
Total		0,001107	0,003432	0,000140
D5 - D14	D5 - D14	0,000241	0,000748	0,000033
	D3 - D5	0,000599	0,001858	0,000082
	D4 - D5	0,000325	0,001006	0,000047

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
Total		0,001166	0,003613	0,000162
D14 - D16	D14 - D16	0,000100	0,000310	0,000011
	D13 - D14	0,001107	0,003432	0,000140
	D5 - D14	0,001166	0,003613	0,000162
Total		0,002373	0,007355	0,000313
D16 - D20	D16 - D20	0,000191	0,000594	0,000025
	D14 - D16	0,002373	0,007355	0,000313
	D15 - D16	0,000341	0,001058	0,000050
Total		0,002905	0,009007	0,000388
D19 - D20	D17 - D19	0,000283	0,000877	0,000040
	D18 - D19	0,000241	0,000748	0,000033
Total		0,000524	0,001626	0,000073
D20 - D21	D16 - D20	0,002905	0,009007	0,000388
	D19 - D20	0,000524	0,001626	0,000073
Total		0,003430	0,010633	0,000460
D21 - D22	C8 - D21	0,000233	0,000723	0,000031
	D20 - D21	0,003430	0,010633	0,000460
Total		0,003663	0,011355	0,000492
D22 - D23	C10 - D22	0,001923	0,005962	0,000261
	D21 - D22	0,003663	0,011355	0,000492
Total		0,005586	0,017317	0,000753
D26 - D27	D26 - D27	0,000500	0,001548	0,000079
	D24 - D26	0,000216	0,000671	0,000029
	D25 - D26	0,000333	0,001032	0,000048
Total		0,001049	0,003252	0,000156
D23 - D27	C13 - D23	0,000533	0,001652	0,000069

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Q rata-rata (m ³ /detik)	Q peak (m ³ /detik)	Q min (m ³ /detik)
	D22 - D23	0,005586	0,017317	0,000753
Total		0,006119	0,018969	0,000822
D31 - D32	D31 - D32	0,000033	0,000103	0,000003
	D29 - D31	0,000524	0,001626	0,000083
	D30 - D31	0,000325	0,001006	0,000047
Total		0,000882	0,002736	0,000133
D32 - D34	D32 - D34	0,000308	0,000955	0,000044
	D28 - D32	0,000366	0,001136	0,000054
	D31 - D32	0,000882	0,002736	0,000133
Total		0,001557	0,004826	0,000231
D34 - D35	D32 - D34	0,001557	0,004826	0,000231
	D33 - D34	0,000791	0,002452	0,000136
Total		0,002348	0,007278	0,000368
D27 - D35	D27 - D35	0,000191	0,000594	0,000025
	D23 - D27	0,006119	0,018969	0,000822
	D26 - D27	0,001049	0,003252	0,000156
Total		0,007359	0,022814	0,001002
D35 - D36 (IPAL)	D35 - D36	0,000916	0,002839	0,000163
	C16 - D35	0,000783	0,002426	0,000115
	D27 - D35	0,007359	0,022814	0,001002
	D34 - D35	0,002348	0,007278	0,000368
Total		0,011405	0,035356	0,001647

6.5 Dimensi Pipa SPAL

Perhitungan dimensi pipa air limbah berdasarkan pada pembebanan air limbah pada masing-masing pipa. Jenis pipa yang digunakan dalam perencanaan ini adalah pipa PVC yang memiliki

koefisien kekasaran manning sebesar 0,013. Direncanakan diameter minimum pipa yaitu 110 mm atau 4" sesuai ketentuan Permen PUPR no.4 tahun 2017. Hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan dimensi pipa adalah kecepatan maksimum dan minimum air limbah. Kecepatan minimum digunakan untuk menghindari adanya endapan dalam pipa, sedangkan kecepatan maksimum untuk menghindari gesekan yang berlebihan dalam pipa sehingga mengakibatkan kerusakan. Apabila kecepatan minimum tidak tercapai, maka diperlukan debit penggelontoran yang diperlukan untuk menggelontor air dan mencegah endapan yang ada di dalam pipa SPAL. Pada perencanaan kali ini digunakan sistem *shallow sewer* yang menyalurkan air limbah skala kecil, dengan kemiringan pipa yang lebih landai. Perpipaan air limbah sistem *shallow sewer* tergantung pada pembilasan air limbah untuk mengangkut buangan padat jika dibandingkan dengan cara konvensional yang mengandalkan self cleansing (Permen PUPR no.4 tahun 2017). Berikut merupakan kriteria desain v_{min} saat *full flow* menurut Permen PUPR no.4 tahun 2017.

Tabel 6. 7 Kecepatan Pengaliran Pipa Minimal Saat *Full Flow*

Diameter (mm)	Kecepatan Self Cleansing (m/dtk)
200	0,41
250	0,42
300	0,44
375	0,45
450	0,47

Sumber: Permen PUPR no.4 tahun 2017

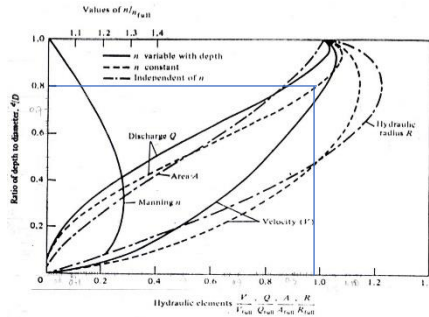
Berikut merupakan contoh perhitungan dimensi pipa *Cluster I* jalur A1-A4

Diketahui :

- Q_{minimum} = 0,00006 m³/detik
- $Q_{\text{peak total}}$ = 0,001039 m³/detik
- Panjang Pipa = 98,1715 m
- Elevasi medan awal = 17,12 m
- Elevasi medan akhir = 16,57 m

Direncanakan :

- Slope pipa = 0,0056
- d/D = 0,8



Gambar 6. 3 Grafik Hydraulic Elements for Circular Sewer

Berdasarkan grafik *Hydraulic Elements for Circular Sewer*, maka didapatkan

$$Q_{PEAK}/Q_{FULL} = 0,975.$$

Maka :

$$\begin{aligned} Q \text{ full} &= Q_{PEAK} / (Q_{PEAK}/Q_{FULL}) \\ &= 0,001039 \text{ m}^3/\text{detik} / 0,975 \\ &= 0,0011 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Untuk pipa pvc, koefisien kekasaran pipa (n) = 0,013

- Perhitungan dimensi pipa digunakan rumus manning yaitu:

$$v = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Dalam penentuan diameter pipa digunakan rumus turunan dari rumus manning, yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{0,3117}{n} \times D^{3/8} \times S^{1/2} \\ 0,0011 &= \frac{0,3117}{0,013} \times D^{3/8} \times 0,0056^{1/2} \\ D &= 0,0617 \text{ m} \end{aligned}$$

$$D_{\text{terpasang}} = 0,11 \text{ m} = 110 \text{ mm}$$

- Cek Q full

$$\begin{aligned} Q &= \frac{0,3117}{n} \times D^{3/8} \times S^{1/2} \\ Q &= \frac{0,3117}{0,013} \times 0,11^{3/8} \times 0,0056^{1/2} \\ &= 0,005 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

- Penentuan rasio Q_{min}/Q_{full}

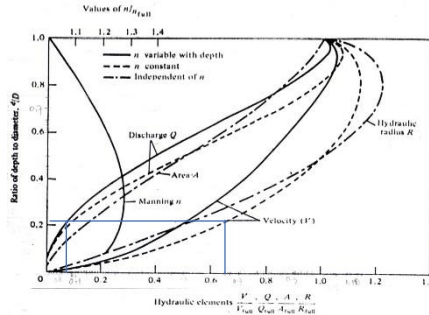
$$\begin{aligned} Q_{min}/Q_{full} \text{ cek} &= 0,00006 \text{ m}^3/\text{detik} / 0,005 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 0,0121 \end{aligned}$$

- Cek V full

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{\frac{1}{4} \pi x D^2} \\ &= \frac{0,005}{\frac{1}{4} \pi x 3,14 x 0,11^2} \\ &= 0,52 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$V_{full} \text{ cek} = 0,52 \text{ m/detik}$$

Setelah itu ditentukan rasio v_{min}/v_{full} dan d_{min}/D dari grafik *Hydraulic Elements for Circular Sewer*



Gambar 6. 4 Grafik Hydraulic Elements for Circular Sewer

- $V_{min}/V_{full} = 0,65$ (didapatkan dari hubungan antara nilai dari Q_{min}/Q_{full} cek dengan V_{min}/V_{full} pada grafik *Hydraulic Elements for Circular Sewer*)

- $V_{min} = V_{full} \text{ cek} x (V_{min}/V_{full}) = 0,52 \text{ m/detik} x 0,64 = 0,3 \text{ m/detik}$

- Berdasarkan nilai Q_{min}/Q_{full} cek, maka $D_{min}/D = 0,23$

- $D_{min} = D_{apply} x (D_{min}/D) = 0,11 \text{ m} x 0,23 = 2,5 \text{ cm}$ (memenuhi kriteria, kriteria $D_{min} = 0,2D$)

- V_{peak}

V_{peak} dapat dihitung dengan mengalikan faktor V_{peak}/V_{full} dengan V_{full} , dimana faktor V_{peak}/V_{full} diambil dari nilai grafik d/D yang mengacu pada nilai Q_{peak}/Q_{full} disetiap saluran. Namun karena nilai Q_{peak}/Q_{full} berbeda maka diambil angka aman atau angka terbesar yaitu 0,8 sehingga nilai d/D 0,8 maka diperoleh faktor V_{peak}/V_{full} sebesar 1,1

$$V_{\text{peak}}/V_{\text{full}} = 1,1$$

$$V_{\text{peak}} = \frac{V_{\text{peak}}}{V_{\text{full}}} \times V_{\text{full}} = 1,15 \times 0,52 \text{ m/detik} = 0,6 \text{ m/detik}$$

Syarat yang harus dipenuhi dalam menentukan dimensi pipa air limbah adalah v dalam rentang 0,41 - 3 m/detik agar tidak terjadi pengendapan. Jika didapatkan nilai V_{min} kurang dari 0,41 m/detik, maka perlu dilakukan penggelontoran secara berkala agar pipa tidak tersumbat padatan karena sistem *shallow sewer* mengandalkan penggelontoran untuk mengantisipasi penyumbatan pada pipa SPAL. Penentuan debit penggelontoran berdasarkan standar ketentuan dari Permen PUPR no.4 tahun 2017 yaitu sebagai berikut:

Tabel 6. 8 Kapasitas Air Penggelontor

Kemiringan	Kebutuhan air (liter) untuk diameter pipa		
	20 cm	25 cm	30 cm
1:200	2240	2520	2800
1:133	1540	1820	2240
1:100	1260	1540	2240
1:50	560	840	930
1:33	420	560	672

Sumber: Permen PUPR no.4 tahun 2017

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui debit air penggelontor yang diperlukan yaitu untuk *Cluster I* sebesar 245,42 m³ sedangkan untuk *Cluster II* yaitu sebesar 48,86 m³. Selanjutnya dilakukan perhitungan dimensi pipa untuk setiap jalur dengan cara yang sama, hasil perhitungan dimensi pipa dapat dilihat pada lampiran.

6.6 Penanaman Pipa SPAL

Penanaman pipa dihitung untuk mencari kedalaman galian yang dibutuhkan untuk menanam pipa servis. Penanaman pipa mengikuti slope rancang yang telah ditetapkan sebelumnya. Penanaman dilakukan dengan diusahakan sedemikian rupa sehingga pemompaan tidak diperlukan. Pompa digunakan apabila

penanaman pipa telah mencapai 7 meter (Permen PUPR no.4 tahun 2017). Kedalaman penanaman pipa minimal harus disesuaikan dengan kelas yang dilewati saluran, pipa PDAM jenis tanah, lokasi bangunan yang akan menggunakan fasilitas penyaluran air buangan, kekuatan saluran dan diameter saluran. Berdasarkan data yang diperoleh dari PDAM Surya Sembada Kota Surabaya penanaman pipa SPAM memiliki kedalaman 0,6 m. Untuk beberapa pipa yang memiliki slope lebih landai daripada slope muka tanah dan juga mempunyai beda ketinggian lebih dari 1 meter dapat digunakan drop manhole. Beberapa pipa yang memiliki slope lebih landai daripada slope muka tanah dan juga mempunyai beda ketinggian lebih dari 0,5 meter dapat digunakan drop *manhole*.

Berikut adalah contoh perhitungan penanaman pipa pada jalur A1-A4 :

- Panjang Pipa = 98,1715 m
- Diameter pipa (D) = 110 mm = 0,11 m
- Slope = 0,0056
- Jarak muka tanah dengan pipa = 0,5 – 1 m (desain)
- Elevasi tanah awal = 17,12 m
- Elevasi tanah akhir = 16,57 m
- Urugan pasir atas pipa = 0,15 m
- Headloss (HL) = Panjang pipa x Slope
= 98,1715 x 0,0056 = 0,55 m

Kemudian dihitung kedalaman penanaman :

- Elevasi penanaman desain awal = elevasi medan awal – 0,5 m
= 17,12 – 0,5
= 16,62 m
- Elevasi penanaman desain akhir = elevasi penanaman awal – HL
= 16,62 – 0,55
= 16,07 m
- Elevasi Bawah Pipa Awal = elevasi penanaman - D
= 16,62 – 0,11
= 16,51 m
- Elevasi Bawah Pipa Akhir = Elevasi Bawah pipa akhir - HL
= 16,51 – 0,55
= 15,96 m

- Elevasi Atas Pipa Awal = Elevasi bawah pipa + D
= 16,51 + 0,11
= 16,62 m
- Elevasi Atas Pipa Akhir = Elevasi bawah pipa + D
= 15,96 + 0,11
= 16,07 m
- Kedalaman Pipa Awal = (Elevasi medan awal –
Elevasi bawah pipa awal) +
Urugan Pasir
= (17,12 – 16,51) + 0,15
= 0,76 m
- Kedalaman Pipa Akhir = (Elevasi medan akhir –
Elevasi bawah pipa akhir) +
Urugan Pasir
= (16,57 – 15,96) + 0,15
= 0,76 m

Tabel hasil perhitungan penanaman pipa SPAL pada semua jalur dapat dilihat pada lampiran.

6.7 Bangunan Pelengkap

Pada sistem jaringan pipa air limbah dalam perencanaan ini dilengkapi dengan bangunan pelengkap sebagai penunjang daya dukung pengaliran air limbah diantaranya *manhole* dan bak kontrol.

6.7.1 *Manhole*

Bangunan pelengkap *manhole* berguna sebagai jalan masuknya petugas pengontrol saluran. *Manhole* dindingnya terbuat dari beton bertulang yang sudah dibuat di pabrik dengan ketebalan dinding 15 cm dan lubang tutupnya berdiameter 70 cm. Pada perencanaan ini, terdapat lima jenis *manhole* yang digunakan yaitu :

- *Manhole* lurus
- *Manhole* belok
- *Manhole* pertigaan
- *Manhole* perempatan
- *Drop Manhole*

Berikut merupakan standar jarak antar *manhole* menurut Permen PUPR no.4 tahun 2017

Tabel 6. 9 Jarak Antar *Manhole*

Diamter(mm)	Jarak antar <i>manhole</i> (m)
20 - 50	50 - 75
50 -75	75 - 125
100 - 150	125 - 150
150 - 200	150 - 200
1000	100 - 150

Sumber: *Permen PUPR no.4 tahun 2017*

Pipa yang terpasang pada SPAL berdiameter 110 dan 400 mm. berdasarkan tabel jarak pemasangan *manhole* sepanjang (125-150) m. Pada perencanaan kali ini pemasangan *manhole* pada jarak tiap 125 m dan 150 m. Penambahan angka satu ini dikarenakan pada penanaman pipa awal harus dipasang *manhole*.

Misalnya jenis pipa A1-A4 dengan panjang pipa 98,1715 m dan jarak antar *manhole* 125 m. Maka jumlah *manhole* adalah $(98,1715 \text{ m} / 125 \text{ m}) + 1 = 1$ buah. Tabel hasil penentuan *manhole* berdasarkan jarak serta kondisi titik dapat dilihat pada lampiran.

6.7.2 Bak Kontrol

Jumlah bak kontrol yang dipasang sama dengan jumlah KK atau rumah terlayani yaitu *cluster* I 8.386 buah dan *cluster* II sebanyak 1.370 buah. Berikut merupakan desain dan perhitungan bak kontrol.

- t_d = 20 menit
- Kedalaman = 0,3 m
- Q rata-rata = $179,8 \text{ L/KK.hari} \times 5 \text{ orang}$
= 899 L/KK.hari
- Faktor peak = 2
- Q peak = $899 \text{ L/KK.hari} \times 2$
= 1.798 L/KK.hari
= $0,075 \text{ m}^3/\text{KK.jam}$

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Bak kontrol} &= Q_{\text{peak}} \times T_d \\
 &= 0,075 \text{ m}^3/\text{KK.jam} \times 0,33 \text{ jam} \\
 &= 0,027 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Asurface Bak kontrol} &= \frac{\text{Volume bak kontrol}}{\text{Kedalaman bak kontrol}} = \frac{0,027}{0,3} \\
 &= 0,0625 \text{ m}^2 \\
 \text{Panjang Bak kontrol} &= 0,3 \text{ m} \\
 \text{Lebar Bak kontrol} &= 0,3 \text{ m} \\
 \text{Volume Bak kontrol} &= P \times L \times H \\
 &= 0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\
 &= 0,027 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

6.8 Profil Hidrolis

Profil hidrolis menunjukkan perjalanan air sejak awal masuk kedalam pipa servis sampai kedalam unit pengolahan. Tujuannya adalah memudahkan perencanaan dalam melihat penanaman yang harus dilakukan. Terdapat keterangan panjang pipa, elevasi muka tanah, elevasi atas pipa, slope saluran, diameter pipa serta jenis *manhole* yang ada, sesuai dari perhitungan yang telah dilakukan. Profil hidrolis dari saluran terpanjang perencanaan yaitu saluran A1-H40; H26-H41 dan C1-D36. Gambar profil hidrolis terlampir.

6.9 Removal Ammonia (NH₃) di SPAL

Untuk mengurangi kadar ammonia dalam suatu air limbah, diperlukan sebuah kondisi dimana yang memungkinkan terjadinya oksidasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat melalui proses denitrifikasi. Menurut Khaq 2017, jaringan pipa penyaluran air limbah dapat me-*removal* kadar ammonia, NH₃ dapat terdegradasi pada pipa air limbah disebabkan terjadi perjalanan air sebelum masuk dalam unit-unit IPAL, hal ini terjadi disebabkan kandungan ammonia dalam air limbah teroksidasi dalam perjalanan yang cukup panjang. Selain itu sebab lainnya adalah adanya banyak terjunan pada bangunan pelengkap *manhole* yang membuat turbulensi sehingga kadar oksigen bertambah sehingga ammonia terlepas menjadi gas.

Menurut Khaq 2017, denitrifikasi dapat terjadi juga pada bagian kompartemen yang bersekat-sekat pada unit ABR dengan tingkat efisiensi yang tidak terlalu besar. Denitrifikasi pada kompartemen ABR dapat terjadi diantaranya karena pH yang meningkat pada saluran inlet reaktor ABR sehingga dapat memperbaiki kondisi lingkungan, lalu kebutuhan hidrogen yang

tinggi selama terjadi reduksi nitrat sehingga dapat memperbaiki kondisi bakteri. Persen removal ammonia pada air limbah domestik di saluran SPAL yaitu sebesar 80% (Khaq, 2017).

Penyisihan Ammonia (NH_3) di SPAL;

- Konsentrasi Amonia awal = 66,54 mg/L,
- Efisiensi SPAL = 80 %
- Konsentrasi ammonia = $(100 - 80) \% \times 66,54 \text{ mg/L}$
= 13,31 mg/L

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 7

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK

IPAL adalah bangunan yang digunakan untuk mengolah air limbah agar karakteristik yang dihasilkan setelah olahan memenuhi standart baku mutu yang sudah ditetapkan. Didalam merancang IPAL domestik komunal yang paling penting adalah menentukan jumlah air limbah yang akan diolah. Cara paling akurat adalah menghitung jumlah rata-rata air bersih sebenarnya yang digunakan perhari. Atau dapat dilakukan dengan menentukan debit air limbah perkapita. Selanjutnya menentukan besarnya polutan organik (BOD) inlet, BOD air olahan yang diharapkan, efisiensi pengolahan serta beban pengolahan atau waktu tinggal di dalam reaktor IPAL serta jenis proses yang digunakan. Besarnya parameter yang ditetapkan akan menentukan besarnya IPAL yang akan digunakan.

Pengolahan air limbah domestik yang hanya menggunakan proses anaerob maka hasil olahan hanya dapat menurunkan konsentrasi polutan minyak atau lemak, organik (BOD,COD) dan total padatan tersuspensi (TSS), sedangkan amoniak, deterjen dan hydrogen sulfide tidak bisa turun. Jika prosesnya anaerob-aerob, maka dapat menurunkan konsentrasi polutan minyak atau lemak, organik, amoniak, TSS, deterjen serta phospat.

7.1 Debit Air Limbah di IPAL

Berdasarkan hasil perhitungan pada Bab V, diperoleh debit air limbah yang dihasilkan dari Kelurahan Putat Jaya. Faktor peak untuk IPAL memiliki perbedaan dengan perhitungan faktor peak SPAL dimana untuk sistem penyaluran digunakan faktor debit air limbah yang terlayani, sedangkan untuk IPAL memiliki kriteria sendiri yang dilihat dari aspek pelayanan cakupan wilayah yaitu minimum (1,3 - 1,75), maka dalam perencanaan ini faktor peak yang digunakan adalah 1,5. Berikut merupakan perhitungan debit *cluster I* dan *cluster II*

Cluster I

Q rata-rata	= 6031,88 m ³ /hari = 0,07 m ³ /detik
Q peak	= 6031,88 m ³ /hari x 1,5
	= 9047,82 m ³ /hari = 0,104 m ³ /detik

$$\begin{aligned}
 Q \text{ minimum} &= \frac{1}{5} * Q_{ave} \left(\frac{P}{1000} \right)^{0,2} \\
 &= \frac{1}{5} \times 6031,88 \times \left[\frac{41932}{1000} \right]^{0,2} \\
 &= 2546,78 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,03 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Cluster II

$$Q \text{ rata-rata} = 985,4 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,0114 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ peak} &= 985,4 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,5 \\
 &= 1478 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,017 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ minimum} &= \frac{1}{5} * Q_{ave} \left(\frac{P}{1000} \right)^{0,2} \\
 &= \frac{1}{5} \times 985,4 \times \left[\frac{6850}{1000} \right]^{0,2} \\
 &= 289,58 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,00335 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

7.2 Karakteristik Air Limbah Domestik

Pada tugas akhir ini, untuk mengetahui karakteristik air limbah didapatkan melalui data primer. Data primer diambil dari pipa *effluent* limbah non kakus dan *influent* limbah kakus dari salah satu rumah di Kelurahan Putat Jaya, Surabaya. Pengujian hasil sampling dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, ITS (bukti hasil sampling terlampir). Berikut merupakan karakteristik air limbah hasil uji laboratorium disajikan pada Tabel 7.1

Tabel 7. 1 Karakteristik Air Limbah Domestik Kelurahan Putat Jaya

Parameter	Satuan	Konsentrasi	Baku Mutu
pH	-	7,95*	6 – 9**
TSS	mg/L	262*	30**
COD	mg/L O ₂	426*	50***
BOD	mg/L O ₂	248*	30**
Minyak & Lemak	mg/L	30*	5**
Amoniak	mg/L NH ₃ -N	66,54*	10**
Total Koliform	MPN/100 mL	16 x 10 ⁸ *	3000**

Sumber : *Hasil Analisa Laboratorium

** Permen LHK no.68 tahun 2016

*** Pergub Jatim no.72 tahun 2013

7.3 Alternatif Pengolahan Air Limbah Domestik

Langkah awal dalam merencanakan bangunan pengolahan air limbah adalah menghitung efisiensi removal air limbah yang diperlukan agar memenuhi baku mutu air limbah dan menentukan proses pengolahan air limbah yang mampu mencapai efisiensi removal tersebut. Pengolahan biologis yang bertujuan untuk untuk memisahkan bahan organik dan padatan tersuspensi yang dapat terdegradasi secara biologis. Pengolahan tahap ini memanfaatkan kemampuan mikroorganisme untuk memisahkan kontaminan-kontaminan dalam air limbah. Target utama pengolahan ini adalah penurunan kandungan organik (biasanya diukur dalam BOD atau COD, padatan tersuspensi dan mikroorganisme patogen). Alternatif pengolahan akan dilakukan pada pemilihan beberapa alternatif pada tahap biologis. Sebelum itu perlu diketahui terlebih dahulu dasar pemikiran bagi pemilihan alternatif pengolahan nantinya. Kriteria dalam memilih unit pengolahan yang tepat adalah:

- a. Efisiensi pengolahan
Ditujukan agar efisiensi memperoleh persyaratan yang ditentukan untuk dikembalikan ke badan air atau dimanfaatkan kembali.
- b. Aspek teknis
 - Segi konstruksi: menyangkut teknis pelaksanaan, ketersediaan tenaga ahli, kemudahan material konstruksi dan instalasi bangunan.
 - Segi operasi dan pemeliharaan: menyangkut ketersediaan tenaga ahli, kemudahan pengoperasian dan pemeliharaan instalasi.
- c. Aspek ekonomis
Menyangkut masalah pembiayaan (finansial) dalam hal konstruksi operasi dan pemeliharaan IPAL.
- d. Aspek lingkungan
Kemungkinan terjadinya gangguan yang dirasakan oleh penduduk akibat ketidakseimbangan faktor ekologis.

Berdasarkan proses-proses pengolahan yang telah dijelaskan di atas maka, akan direncanakan tiga alternatif pengolahan dengan membedakan pada tahapan pengolahan biologis karena pada tahap pengolahan biologis terdapat bermacam-macam sistem pengolahan yang aerobik maupun

anaerobik. Selain itu, tiap sistem juga memiliki efisiensi removal yang berbeda-beda.

Dari ketiga alternatif pengolahan biologis tersebut nantinya akan dipilih satu proses pengolahan yang paling efektif dan efisien dari masing-masing tipe unit pengolahan berdasarkan kriteria design yang ada.

Sebelum menentukan alternatif pengolahan biologi pada *secondary treatment* perlu diketahui perbandingan penggunaan proses aerobik dan anaerobik. Pemilihan bergantung dari karakteristik air limbah yang akan diolah. Untuk karakteristik limbah tertentu diperlukan kombinasi dari kedua proses tersebut.

Perbedaan utama dari pengolahan secara aerob dan anaerob terletak pada kondisi lingkungannya. Pada pengolahan secara aerob, kehadiran oksigen mutlak diperlukan untuk metabolisme bakteri, sementara pada kondisi anaerob sebaliknya. Berikut ini adalah beberapa perbedaan utama antara pengolahan secara aerob dan anaerob. Tabel berikut menunjukkan perbandingan antara pengolahan secara aerob dan anaerob:

Tabel 7. 2 Perbandingan Pengolahan Secara Aerob dan Anaerob

Parameter	Aerobik	Anaerobik
Kebutuhan energi	Tinggi	Rendah
Tingkat pengolahan	60-90%	95%
Produksi lumpur	Tinggi	Rendah
Stabilitas proses terhadap toksik	Sedang sampai tinggi	Rendah sampai sedang
Kebutuhan nutrien	Tinggi untuk beberapa limbah industri	Rendah
Bau	Tidak terlalu berpotensi menimbulkan bau	Berpotensi menimbulkan bau
Kebutuhan alkalinitas	Rendah	Tinggi untuk beberapa limbah industri
Produksi biogas	Tidak ada	ada
Start-up time	2 – 4 minggu	2 – 4 bulan

Sumber: Eckenfelder et al., 1988

Alternatif yang ditentukan pada pengolahan ini sebanyak tiga alternatif dimana yang membedakan antara ketiganya adalah perbedaan unit yang digunakan pada pengolahan biologis seperti pada gambar 7.1 hingga 7.3.



Gambar 7. 1 Alternatif 1 IPAL Domestik



Gambar 7. 2 Alternatif 2 IPAL Domestik



Gambar 7. 3 Alternatif 3 IPAL Domestik

Efisiensi removal setiap alternatif pengolahan merupakan suatu hal yang harus diketahui agar dapat memilih jenis pengolahan yang efektif dan efisien dari ketiga alternatif yang ada. Sehingga dalam pemilihan alternatif ini harus memenuhi *effluent* yang didasarkan baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah domestik. Efisiensi removal adalah persen pengurangan pencemar pada setiap unit. Dalam pemilihan alternatif, hal ini merupakan sesuatu yang sangat penting sebagai langkah awal penentuan unit biologis mana yang sesuai untuk mengolah air limbah sehingga output yang dihasilkan memenuhi baku mutu *effluent standard*. Untuk unit pengolahan yang tidak mampu mengolah kualitas dan kuantitas air limbah yang ada hingga memenuhi baku mutu berarti tidak layak untuk diterapkan karena dapat membahayakan kesehatan lingkungan dan masyarakat sekitar apabila menggunakan air sisa pengolahan yang dibuang ke badan air. Besarnya efisiensi removal tiap unit pengolahan terdapat pada Tabel 7.3 Efisiensi Removal Tiap Unit Pengolahan.

Tabel 7. 3 Efisiensi Removal Tiap Unit Pengolahan

Proses Pengolahan	Efisiensi Removal (%)			
	BOD	COD	TSS	Total Koliform
Sumur Pengumpul ^a	-	-	-	-
Bak Distribusi	-	-	-	-
Constructed Wetland	70 – 80 ^b	65 - 75 ^b	60 - 75 ^b	82 - 96 ^b
ABR	70 – 95 ^a	65 - 90 ^a	65 - 90 ^a	-
AF	70 - 90 ^a	65 - 90 ^a	66 - 90 ^a	-
Desinfeksi	-	-	-	99,82-99,99 ^c
Anaerobic Aerobic Filter	80-95 ^a	80-90 ^a	70-90 ^a	75-85 ^a

Sumber: ^aPermen PUPR no.4 tahun 2017

^bTrio Agustika, 2013

^cKomala dan Ajeng, 2014

Setelah diketahui besarnya efisiensi removal dari masing-masing bangunan, selanjutnya dilakukan perhitungan berdasarkan karakteristik air limbah yang akan diolah. Berikut ini Tabel 7.4 – Tabel 7.6 untuk menghitung besarnya effluent yang dihasilkan

Tabel 7. 4 Perhitungan Removal Alternatif 1

Parameter	Kandungan Awal (mg/L)	Grease Trap		ABR		AF		Constructed Wetland		Baku Mutu
		Removal	Efluen	Removal	Efluen	Removal	Efluen	Removal	Efluen	
TSS	262	0%	262	75%	65,5	70%	19,65	0%	19,65	30
BOD	248	0%	248	70%	74,4	60%	29,76	0%	29,76	30
COD	426	0%	426	75%	106,5	65%	37,28	0%	37,28	50
NH ₃	13,31	0%	13,31	0%	13,31	0%	13,31	30%	9,32	10
Minyak & Lemak	30	95%	1,5	0%	1,5	0%	1,5	0%	1,50	5
Total Koliform	16 x 10 ⁸	0%	16 x 10 ⁸	0%	16 x 10 ⁸	0%	16 x 10 ⁸	90%	1600000	3000

Tabel 7. 5 Perhitungan Removal Alternatif 2

Parameter	Kandungan Awal (mg/L)	Grease Trap		ABR		AF		Desinfeksi		Baku Mutu
		Removal	Efluen	Removal	Efluen	Removal	Efluen	Removal	Efluen	
TSS	262	0%	262	75%	65,5	70%	19,65	0%	19,65	30
BOD	248	0%	248	70%	74,4	60%	29,76	0%	29,76	30
COD	426	0%	426	75%	106,5	65%	37,28	0%	37,28	50
NH ₃	13,31	0%	13,31	0%	13,31	0%	13,31	35%	8,55	10
Minyak & Lemak	30	95%	1,5	0%	1,5	0%	1,5	0%	1,50	5
Total Koliform	16 x 10 ⁸	0%	16 x 10 ⁸	0%	16 x 10 ⁸	0%	16 x 10 ⁸	99,99%	1600	3000

Tabel 7. 6 Perhitungan Removal Alternatif 3

Parameter	Kandungan Awal (mg/L)	Grease Trap		Anaerobic Aerobic Filter		Desinfeksi		Baku Mutu
		Removal	Efluen	Removal	Efluen	Removal	Efluen	
TSS	262	0%	262	90%	26,2	0%	26,20	30
BOD	248	0%	248	90%	24,8	0%	24,80	30
COD	426	0%	426	90%	42,6	0%	42,60	50
NH ₃	13,31	0%	13,31	40%	7,99	35%	5,2	10
Minyak & Lemak	30	95%	1,5	0%	1,5	0%	1,50	5
Total Koliform	16 x 10 ⁸	0%	16 x 10 ⁸	30%	11,2 x 10 ⁷	99,99%	112	3000

7.3.1 Pemilihan Alternatif Pengolahan Air Limbah Domestik

Dari ketiga alternatif yang ada dalam perencanaan bangunan pengolahan air buangan ini, maka akan dipilih satu yang sesuai dengan keadaan dan situasi di Kelurahan Putat Jaya. Untuk analisis pemilihan alternatif diatas, juga dilakukan perhitungan analisis efisiensi removal masing-masing alternatif pengolahan. Efisiensi removal merupakan salah satu aspek penting dalam penetapan pemilihan alternatif pengolahan. Efisiensi removal tergantung pada unit pengolahan yang akan digunakan karena setiap unit pengolahan mempunyai tipikal efisiensi removal tersendiri.

Unit pengolahan yang telah ditetapkan pada setiap alternatif pengolahan harus mampu melakukan pengolahan terhadap air limbah agar memenuhi standar baku mutu yang berlaku. Unit pengolahan yang tidak mampu mengolah kualitas dan kuantitas air limbah hingga memenuhi standar baku mutu berarti tidak layak untuk diterapkan. Hal ini akan membahayakan kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat di sekitarnya.

Dari hasil perhitungan dengan efisiensi removal di atas, dapat diketahui bahwa semua alternatif pengolahan yang dipakai telah memenuhi standar baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah domestik. Namun, perlu dipilih satu alternatif melalui beberapa pertimbangan, seperti aspek teknis, ekonomis, maupun kondisi lingkungan. Alternatif yang dipilih disesuaikan dengan kondisi eksisting pada Kelurahan Putat Jaya, sehingga alternatif pengolahan yang dipilih adalah alternatif ke-2, yaitu dengan menggunakan *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter* untuk pengolahan biologisnya. Dengan kelebihanannya pada alternatif 2 adalah sebagai berikut:

FAKTOR	ALTERNATIF 1	ALTERNATIF 2	ALTERNATIF 3
Efisiensi Removal BOD	90 - 95%	90 – 95%	80 – 98 %
Operasional	Mudah	Mudah	Sulit
Kebutuhan Energi	Rendah	Rendah	Tinggi

Effluen	Berbau	Berbau	Tidak Berbau
Beban Hidrolik	Fleksibel	Fleksibel	Tidak Fleksibel
Beban Organik	Fleksibel	Fleksibel	Tidak Fleksibel
Kebutuhan Lahan	Luas	Sedang	Sedang
Lumpur Yang Dihasilkan	Sedikit	Sedikit	Banyak

Berdasarkan data diatas dapat dilihat bahwa alternatif kedua memiliki kelebihan dalam banyak faktor seperti efisiensi removal BOD yang tinggi, operasionalnya mudah, kebutuhan energi listrik yang rendah sehingga biaya operasional menjadi murah, fleksibel dalam beban organik dan beban hidrolik. Tetapi alternatif kedua memiliki kelemahan yaitu membutuhkan lahan yang cukup luas, hal ini dapat teratasi dikarenakan lahan yang akan digunakan untuk IPAL terdapat lahan kosong dan apabila menggunakan teknologi altrnatif kedua IPAL dapat berada didalam tanah sehingga lahan diatasnya dapat termanfaatkan, mengingat kepadatan penduduk yang tinggi di Kelurahan Putat Jaya. Selain itupada alternatif kedua lahan yang akan dipergunakan sebagai IPAL tidak akan mengurangi estetika dikarenakan IPAL berada didalam tanah sehingga masyarakat sekitar tidak terganggu dengan adanya IPAL tersebut.

Pemilihan alternatif ini juga didasarkan pada meminimalkan biaya operasional karena pada perencanaan kali ini untuk biaya operasional akan dibebankan pada masyarakat, sedangkan untuk biaya investasi didapat dari Pemerintah Kota Surabaya. Pada alternatif kedua kebutuhan akan listrik yang rendah, lumpur yang dihasilkan juga rendah dan pengoperasiannya tidak memerlukan tenaga yang ahli maka masyarakat sekitar dapat turut serta ikut memelihara IPAL. Sehingga alternatif kedua ini lebih tepat guna apabila dibangun di wilayah Kelurahan Putat Jaya. Oleh karena itu alternatif pengolahan yang dipilih adalah alternatif kedua.

7.4 Sumur Pengumpul

Sumur pengumpul berfungsi sebagai bak penampung sementara air sebelum dipompa menuju bangunan selanjutnya. Penggunaan sumur pengumpul pada *primary treatment* ditujukan untuk beberapa hal yaitu, menampung air buangan dari saluran

pembawa atau sewer yang kedalamannya di bawah permukaan instalasi pengolahan sebelum air dipompa ke atas. Sumur pengumpul dapat menstabilkan variasi debit dan konsentrasi air buangan yang akan masuk ke bangunan pengolah air, sehingga tidak terjadi *shock loading* saat pengolahan.

Sumur pengumpul hanya sebagai bak penampung sementara, sehingga waktu detensi di sumur pengumpul relatif singkat. Kriteria desain waktu detensi (t_d) sumur pengumpul adalah < 10 menit untuk menghindari terjadinya pengendapan lumpur. Dalam membuat desain sumur pengumpul, beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu dimensi pipa sewer yang masuk ke dalam sumur pengumpul dan dimensi pompa yang digunakan.

7.4.1 Dimensi Sumur Pengumpul

Kedalaman penanaman pipa akhir yaitu 1,11 m untuk *cluster* I sedangkan untuk *cluster* II kedalaman penanaman pipa akhirnya yaitu 2,14 m maka dibutuhkan sumur pengumpul yang kemudian dipompa menuju bak distribusi. Berikut merupakan perhitungan dimensi sumur pengumpul:

Cluster I

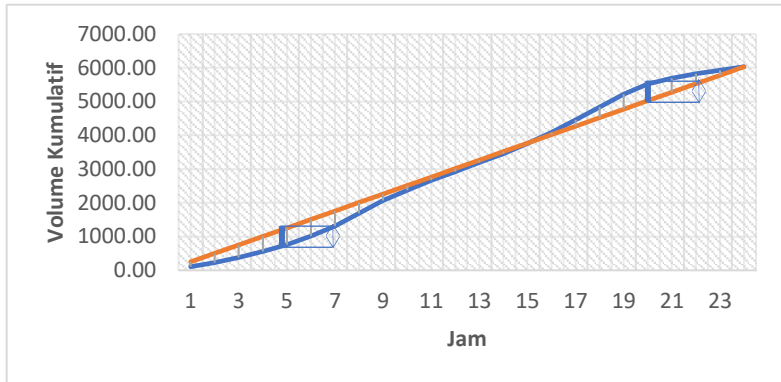
Untuk menghitung dimensi sumur pengumpul dibutuhkan data fluktuasi dari debit air limbah yang masuk ke dalam sumur pengumpul. Berikut merupakan table fluktuasi air limbah yang masuk ke dalam sumur pengumpul selama 24 jam.

Tabel 7. 7 Debit Fluktuasi Air Limbah

Waktu	Debit (m^3/s)	Debit (m^3/jam)	Kumulatif Debit (m^3/jam)	Kumulatif Debit Rata-rata (m^3/jam)
00.00-01.00	0,0295	106,12	106,12	251,33
01.00-02.00	0,0349	125,66	231,78	502,66
02.00-03.00	0,0419	150,80	382,58	753,99
03.00-04.00	0,0489	175,93	558,51	1005,31
04.00-05.00	0,0559	201,06	759,57	1256,64
05.00-06.00	0,0698	251,33	1010,90	1507,97
06.00-07.00	0,0838	301,59	1312,49	1759,30

Waktu	Debit (m ³ /s)	Debit (m ³ /jam)	Kumulatif Debit (m ³ /jam)	Kumulatif Debit Rata-rata (m ³ /jam)
07.00-08.00	0,1047	376,99	1689,48	2010,63
08.00-09.00	0,1047	376,99	2066,48	2261,96
09.00-10.00	0,0838	301,59	2368,07	2513,28
10.00-11.00	0,0838	301,59	2669,66	2764,61
11.00-12.00	0,0698	251,33	2920,99	3015,94
12.00-13.00	0,0768	276,46	3197,45	3267,27
13.00-14.00	0,0721	259,70	3457,15	3518,60
14.00-15.00	0,0838	301,59	3758,75	3769,93
15.00-16.00	0,0908	326,73	4085,47	4021,25
16.00-17.00	0,1047	376,99	4462,47	4272,58
17.00-18.00	0,1047	376,99	4839,46	4523,91
18.00-19.00	0,1047	376,99	5216,45	4775,24
19.00-20.00	0,0838	301,59	5518,04	5026,57
20.00-21.00	0,0489	175,93	5693,97	5277,90
21.00-22.00	0,0349	125,66	5819,64	5529,22
22.00-23.00	0,0295	106,12	5925,75	5780,55
23.00-00.00	0,0295	106,12	6031,87	6031,88
Rata-rata	0,0698	251,3		
Peak	0,1047	377,0		
Minimum	0,0295	106,1		

Selanjutnya dibuat grafik volume efektif dari data fluktuasi debit air limbah tersebut untuk menentukan volume sumur pengumpul. Berikut merupakan grafik volume efektif sumur pengumpul



Gambar 7. 4 Grafik Volume Efektif Sumur Pengumpul

Berdasarkan grafik tersebut diperoleh volume sumur pengumpul yang efektif yaitu sebesar 275 m³. Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap dimensi sumur pengumpul. Berikut merupakan perhitungan dimensi sumur pengumpul:

- Kedalaman sumur pengumpul
Kedalaman sumur pengumpul dihitung dari penanaman pipa akhir dan direncanakan maksimal 5 m, maka
 $H = 5 \text{ m} - 1,11 \text{ m} = 3,89 \text{ m}$
- Asumsi panjang : lebar = 1 : 1

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{volume} / h \\ &= 275 \text{ m}^3 / 3,89 \text{ m} = 70,7 \text{ m}^2 \\ \text{Luas} &= P \times L \\ &= L \times L \\ &= L^2 \\ 70,7 &= L^2 \\ L &= 8,4 \text{ m} \\ P &= 8,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Cluster II

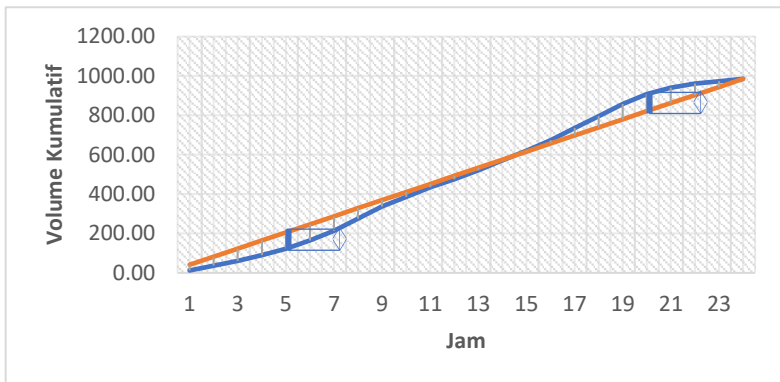
Untuk menghitung dimensi sumur pengumpul dibutuhkan data fluktuasi dari debit air limbah yang masuk ke dalam sumur pengumpul. Berikut merupakan table fluktuasi air limbah yang masuk ke dalam sumur pengumpul selama 24 jam.

Tabel 7. 8 Debit Fluktuasi Air Limbah

Waktu	Debit (m ³ /s)	Debit (m ³ /jam)	Kumulatif Debit (m ³ /jam)	Kumulatif Debit Rata-rata (m ³ /jam)
00.00-01.00	0,0034	12,07	12,07	41,06
01.00-02.00	0,0068	24,64	36,70	82,12
02.00-03.00	0,0068	24,64	61,34	123,18
03.00-04.00	0,0080	28,74	90,08	164,23
04.00-05.00	0,0091	32,85	122,92	205,29
05.00-06.00	0,0114	41,06	163,98	246,35
06.00-07.00	0,0137	49,27	213,25	287,41
07.00-08.00	0,0171	61,59	274,84	328,47
08.00-09.00	0,0171	61,59	336,43	369,53
09.00-10.00	0,0137	49,27	385,70	410,58
10.00-11.00	0,0137	49,27	434,97	451,64
11.00-12.00	0,0114	41,06	476,03	492,70
12.00-13.00	0,0125	45,16	521,19	533,76
13.00-14.00	0,0137	49,27	570,46	574,82
14.00-15.00	0,0137	49,27	619,73	615,88
15.00-16.00	0,0148	53,38	673,11	656,93
16.00-17.00	0,0171	61,59	734,69	697,99
17.00-18.00	0,0171	61,59	796,28	739,05
18.00-19.00	0,0171	61,59	857,87	780,11
19.00-20.00	0,0137	49,27	907,14	821,17
20.00-21.00	0,0093	33,59	940,72	862,23
21.00-22.00	0,0057	20,53	961,25	903,28
22.00-23.00	0,0034	12,07	973,32	944,34
23.00-00.00	0,0034	12,07	985,38	985,40
Rata-rata	0,0114	41,1		
Peak	0,0171	61,6		

Waktu	Debit (m ³ /s)	Debit (m ³ /jam)	Kumulatif Debit (m ³ /jam)	Kumulatif Debit Rata-rata (m ³ /jam)
Minimum	0,0034	12,1		

Selanjutnya dibuat grafik volume efektif dari data fluktuasi debit air limbah tersebut untuk menentukan volume sumur pengumpul. Berikut merupakan grafik volume efektif sumur pengumpul.



Gambar 7. 5 Grafik Volume Efektif Sumur Pengumpul

Berdasarkan grafik tersebut diperoleh volume sumur pengumpul yang efektif yaitu sebesar 86 m³. Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap dimensi sumur pengumpul. Berikut merupakan perhitungan dimensi sumur pengumpul:

- Kedalaman sumur pengumpul
Kedalaman sumur pengumpul dihitung dari penanaman pipa akhir dan direncanakan maksimal 5 m, maka
 $H = 5 \text{ m} - 2,14 \text{ m} = 2,86 \text{ m}$
- Asumsi panjang : lebar = 1 : 1

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{volume} / h \\ &= 86 \text{ m}^3 / 2,86 \text{ m} = 30,07 \text{ m}^2 \\ \text{Luas} &= P \times L \\ &= L \times L \\ &= L^2 \\ 30,07 \text{ m}^2 &= L^2 \\ L &= 5,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$P = 5,5 \text{ m}$$

7.4.2 Bar Screen

Bar Screen digunakan untuk menyaring air limbah dari pipa *sewer* sebelum air limbah masuk ke dalam pompa.

Direncanakan :

- Pembersihan *bar screen* dilakukan secara manual
- Kemiringan batang secara vertical sebesar 65°
- Jarak antar batang sebesar 50 mm
- Lebar batang sebesar 15 mm

Cluster I

Lebar total screen = lebar sumur pengumpul = 11,3 m

Sehingga jumlah batang yang diperlukan :

$$\begin{aligned} \text{Lebar total} &= (\text{jarak antar batang} \times n) + (\text{lebar batang} \times (n-1)) \\ 11,3 \text{ m} &= (0,05 \times n) + (0,15 \times (n-1)) \\ 11,3 \text{ m} &= 0,05 n + 0,15 n - 0,15 \\ 11,3 \text{ m} &= 0,2 n \\ n &= 56 \text{ batang} \end{aligned}$$

Cluster II

Lebar total screen = lebar sumur pengumpul = 5,5 m

Sehingga jumlah batang yang diperlukan :

$$\begin{aligned} \text{Lebar total} &= (\text{jarak antar batang} \times n) + (\text{lebar batang} \times (n-1)) \\ 5,5 \text{ m} &= (0,05 \times n) + (0,15 \times (n-1)) \\ 5,5 \text{ m} &= 0,05 n + 0,15 n - 0,15 \\ 5,5 \text{ m} &= 0,2 n \\ n &= 27 \text{ batang} \end{aligned}$$

7.4.3 Pompa pada Sumur Pengumpul

Air buangan yang dialirkan ke dalam sumur pengumpul dinaikkan menuju bangunan Bak Distribusi dengan menggunakan pompa. Jenis pompa yang dapat digunakan adalah pompa yang tidak akan tersumbat oleh partikel besar dari air buangan atau oleh kepekatan lumpur.

Dalam perencanaan ini digunakan adalah pompa *submersible* (terendam air) sebanyak 1 buah untuk *Cluster 1* dan untuk *Cluster II* sebanyak 1 pompa. Pada saat Qpeak digunakan 2

buah pompa, namun pada saat Q_{min} hanya akan digunakan 1 buah pompa.

Cluster I

- $Q_{rata-rata} = 0,07 \text{ m}^3/\text{detik} = 70 \text{ L/detik}$
- $H_{pompa} = H_{statik} + H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor}$
- $H_{statik} = 6 \text{ m}$
- Panjang pipa yang dibutuhkan = $6 \text{ m} + 4 \text{ m} = 10 \text{ m}$

$$A \text{ pipa} = \frac{Q}{v} = \frac{0,07 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}{1 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,07 \text{ m}^2$$

$$D \text{ pipa} = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,07}{3,14}} = 0,298 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Cek } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,07}{3,14 \times 0,25 \times 0,3^2} = 1 \text{ m/s (memenuhi)}$$

Mayor Losses

$$\begin{aligned} H_f \text{ pipa} &= \left[\frac{Q}{0,00155 \cdot C \cdot D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\ &= \left[\frac{70}{0,00155 \cdot 120 \cdot 30^{2,63}} \right]^{1,85} \times 10 \\ &= 0,0303 \text{ m} \end{aligned}$$

Minor Losses

$$H_f \text{ belokan} = k \times \frac{v^2}{2g} = 0,25 \times \frac{1^2}{2 \times 9,81} = 0,0127 \text{ m}$$

$$H_f \text{ kecepatan} = \frac{v^2}{2g} = \frac{1^2}{2 \times 9,81} = 0,051 \text{ m}$$

$$H_f \text{ minor losses} = 0,0127 \text{ m} + 0,051 \text{ m} = 0,0637 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_{pompa} &= H_{statik} + H_f \text{ mayor losses} + H_f \text{ minor losses} \\ &= 6 \text{ m} + 0,0303 \text{ m} + 0,0637 \text{ m} \\ &= 6,67 \text{ m} \end{aligned}$$

Daya pompa dengan efisiensi 80%

$$\text{Power pompa} = \frac{\gamma \times H_{pompa} \times Q}{\eta} = \frac{9,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \times 6,67 \text{ m} \times 0,07 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,8 \text{ kW.kN m/s}} = 5,72 \text{ kWh}$$

Maka pompa yang dibutuhkan adalah dengan $Q = 70 \text{ L/detik}$, head pompa = $6,67 \text{ m}$ dan daya sebesar $5,72 \text{ kWh}$. Pompa yang digunakan adalah pompa submersible sejumlah 1 buah.

Cluster II

- Qrata-rata = $0,0114 \text{ m}^3/\text{detik} = 11,4 \text{ L/detik}$
- $H_{\text{pompa}} = H_{\text{statik}} + H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor}$
- $H_{\text{statik}} = 6 \text{ m}$
- Panjang pipa yang dibutuhkan = $6 \text{ m} + 3,5 \text{ m} = 9,5 \text{ m}$

$$A \text{ pipa} = \frac{Q}{v} = \frac{0,0114 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}{1 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \\ = 0,0114 \text{ m}^2$$

$$D \text{ pipa} = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0114}{3,14}} = 0,12 \text{ m} \approx 0,125 \text{ m}$$

$$\text{Cek } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0114}{3,14 \times 0,25 \times 0,125^2} \\ = 0,93 \text{ m/s (memenuhi)}$$

Mayor Losses

$$H_f \text{ pipa} = \left[\frac{Q}{0,00155 \cdot C.D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\ = \left[\frac{11,4}{0,00155 \cdot 120 \cdot 12,5^{2,63}} \right]^{1,85} \times 9,5 \\ = 0,07 \text{ m}$$

Minor Losses

$$H_f \text{ belokan} = k \times \frac{v^2}{2g} = 0,25 \times \frac{0,93^2}{2 \times 9,81} = 0,011 \text{ m}$$

$$H_f \text{ kecepatan} = \frac{v^2}{2g} = \frac{0,93^2}{2 \times 9,81} = 0,044 \text{ m}$$

$$H_f \text{ minor losses} = 0,011 \text{ m} + 0,044 \text{ m} = 0,055 \text{ m}$$

$$H_{\text{pompa}} = H_{\text{statik}} + H_f \text{ mayor losses} + H_f \text{ minor losses} \\ = 6 \text{ m} + 0,07 \text{ m} + 0,055 \text{ m} \\ = 6,125 \text{ m}$$

Daya pompa dengan efisiensi 80%

$$\text{Power pompa} = \frac{\gamma \times H_{\text{pompa}} \times Q}{\eta} = \frac{9,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \times 6,125 \text{ m} \times 0,0114 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,8 \text{ kW.kN m/s}} = 0,85 \text{ kWh}$$

Maka pompa yang dibutuhkan adalah dengan $Q = 11,4 \text{ L/detik}$, head pompa = $6,125 \text{ m}$ dan daya sebesar $0,85 \text{ kWh}$. Pompa yang digunakan adalah pompa submersible sejumlah 1 buah.

7.5 Bak Distribusi

Bak distribusi berfungsi sebagai bak penampung air sementara yang akan didistribusikan menuju bangunan selanjutnya dengan tujuan debit air limbah dapat dibagi secara merata. Bak distribusi digunakan ketika terdapat lebih dari satu bangunan sehingga debit yang masuk dibagi sesuai dengan kebutuhan. Sama halnya dengan sumur pengumpul, kriteria desain pada waktu detensi dalam bak distribusi relatif singkat namun lebih cepat dari sumur pengumpul karena tidak berfungsi sebagai penampung sehingga aliran yang masuk harus sesegera mungkin untuk dialirkan kembali kedalam bangunan selanjutnya.

Dalam mendesain bak distribusi, hal yang harus diperhatikan juga yaitu dimensi yang didesain tidak terlalu besar agar tidak terjadi pengendapan sedimen dan tidak menggunakan pompa pada zona outlet untuk efisiensi. Waktu detensi bak distribusi (t_d) < 3 menit untuk menghindari terjadinya pengendapan lumpur. Pada perencanaan ini, bak distribusi digunakan pada kedua *Cluster* IPAL karena disetiap *Cluster* memiliki lebih dari satu bangunan ABR. Berikut ini merupakan perhitungan dari bak distribusi pada setiap *Cluster*.

Cluster I

- Qrata-rata = 6031,88 m³/hari
= 0,07 m³/detik
- Waktu detensi = 1 menit (kriteria < 3 menit)
= 60 detik
- Volume bak distribusi = Q rata-rata x t_d
= 0,07 m³/detik x 60 detik
= 4,2 m³
- Direncanakan kedalaman bak distribusi = 1 m
- Asumsi panjang : lebar = 1 : 1
 - Luas = volume / h
= 4,2 m³ / 1 m = 4,2 m²
 - Luas = P x L
= L x L
= L²
 - 4,2 m² = L²
 - L = 2,1 m
 - P = 2,1 m
- Cek t_d = volume bak distribusi / Qrata-rata

$$\begin{aligned}
 &= (2,1 \text{ m} \times 2,1 \text{ m} \times 1 \text{ m}) / 0,07 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 63 \text{ detik} \\
 &= 1,05 \text{ menit (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Cluster II

- Qrata-rata $= 985,4 \text{ m}^3/\text{hari}$
 $= 0,0114 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Waktu detensi $= 1 \text{ menit (kriteria} < 3 \text{ menit)}$
 $= 60 \text{ detik}$
- Volume bak distribusi $= Q \text{ rata-rata} \times t_d$
 $= 0,0114 \text{ m}^3/\text{detik} \times 60 \text{ detik}$
 $= 0,684 \text{ m}^3$
- Direncanakan kedalaman bak distribusi $= 0,5 \text{ m}$
- Asumsi panjang : lebar $= 1 : 1$
 - Luas $= \text{volume} / h$
 $= 0,684 \text{ m}^3 / 0,5 \text{ m} = 1,4 \text{ m}^2$
 - Luas $= P \times L$
 $= L \times L$
 $= L^2$
 - $1,4 \text{ m}^2 = L^2$
 $L = 1,2 \text{ m}$
 - $P = 1,2 \text{ m}$
- Cek t_d $= \text{volume bak distribusi} / Q_{\text{rata-rata}}$
 $= (1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}) / 0,0114 \text{ m}^3/\text{detik}$
 $= 63 \text{ detik}$
 $= 1,05 \text{ menit (memenuhi)}$

7.6 Grease Trap

Pada umumnya, *Grease trap* direncanakan sebagai pengolahan awal dan berfungsi hanya untuk mengolah parameter minyak dan lemak. Prinsip pemisahannya memanfaatkan sifat lemak atau minyak yang berat jenisnya lebih ringan dari air. *Grease trap* pada umumnya memiliki minimal dua kompartemen (Carrollton, 2012). Nantinya air limbah kakus dan non kakus akan disatukan pada satu pipa dan akan memasuki unit *grease trap*. Pada perencanaan ini dilakukan sebuah inovasi desain yaitu bangunan *grease trap* dikombinasi dengan zona pengendapan atau kompartemen I unit bangunan ABR. Inovasi ini dilakukan dengan alasan bangunan *greas trap* memiliki kesamaan bentuk

dengan zona pengendapan ABR, sehingga pada zona pengendapan ABR akan diberi tambahan dinding untuk menangkap minyak dan lemak sehingga nantinya minyak dan lemak akan tertangkap karena tidak mungkin larut dalam air. Minyak dan lemak yang terperangkap selanjutnya akan dibuang secara berkala dengan cara manual selama maksimal 3 hari sekali dengan mempertimbangkan ditakutkannya *scum* yang terbentuk akan mengeras sehingga sulit dibuang.

Perhitungan dimensi *grease trap* dapat dilihat pada perhitungan ABR. Persen pengolahan minyak lemak pada *grease trap* sebesar 95% (Wongthanate, *et al.*, 2014). Berikut merupakan perhitungan konsentrasi effluen air limbah

- Konsentrasi minyak & lemak awal = 30 mg/L
- Persen removal = 95%
- Konsentrasi minyak & lemak *effluent*
 $= (100 - 95)\% \times 30 \text{ mg/L}$
 $= 1,5 \text{ mg/L}$

Hasil yang diperoleh sudah memenuhi baku mutu yaitu 1,5 mg/L dari batas minimum 5 mg/L. Perhitungan removal ini adalah untuk kedua *Cluster* karena memiliki konstrasi yang sama.

7.7 **Anaerobic Baffled Reactor**

ABR adalah reaktor yang didesain menggunakan *baffled* yang berseri untuk membuat air limbah yang mengandung polutan organik yang mengalir ke bawah dan ke atas melalui *baffle* seperti air limbah mengalir dair inlet menuju outlet. Sekat pada ABR berfungsi sebagai pengaduk untuk meningkatkan kontak antara air limbah domestik dan mikroorganisme.

7.7.1 **Anaerobic Baffled Reactor Cluster I**

Menurut Götzenberger 2009, rancangan dimensi tangki menurut adalah sebagai berikut:

1. Rasio panjang terhadap lebar adalah 2 : 1 sampai 3 : 1
2. Tinggi tangki adalah tinggi air dalam tangki ditambah freeboard.

Untuk memberikan distribusi air limbah yang bagus dan merata, rancangan dimensi tiap ruangan ABR adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan aliran ke atas (up flow) saat debit maksimum adalah 1 – 2 m/jam

2. Pembebanan organik adalah $< 3 \text{ kg} / \text{m}^3/\text{hari}$.

Perhitungan Kompartemen I (Bak Pengendapan Lumpur)

Diketahui :

1. Debit Limbah

- Q rata-rata = $6.031,88 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,07 \text{ m}^3/\text{detik}$

Karena debit yang masuk terlalu besar, maka direncanakan akan dibangun 9 bagian ABR yang diletakkan secara paralel dengan dimensi yang sama, maka debit setiap unitnya dapat dihitung:

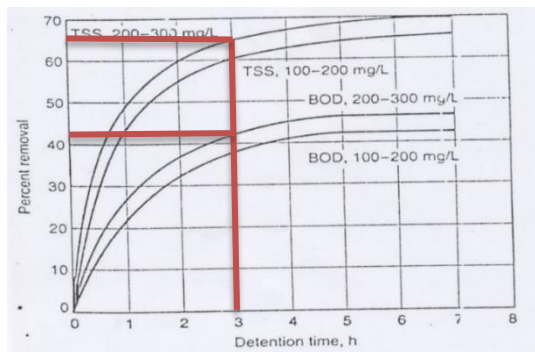
$$\begin{aligned} Q_{\text{rata-rata}} &= Q_{\text{rata-rata}} / 9 \text{ unit} \\ &= 6031,88 \text{ m}^3/\text{hari} / 9 \text{ unit} \\ &= 670,2 \text{ m}^3/\text{hari} = 27,92 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

2. Konsentrasi Air Limbah Domestik

- TSS = 262 mg/L
- BOD = 248 mg/L
- COD = 426 mg/L

Removal BOD, COD dan TSS

Pada kompartemen I waktu tinggal di ambil selama 3 jam karena bila dilihat dari grafik t_d vs removal BOD, $t_d = 3 \text{ jam}$ tidak terjadi perubahan yang signifikan dan memperhitungkan lahan sehingga kompartemen tidak terlalu besar. Hubungan waktu detensi dan % removal BOD serta TSS ditunjukkan pada Gambar 6.7

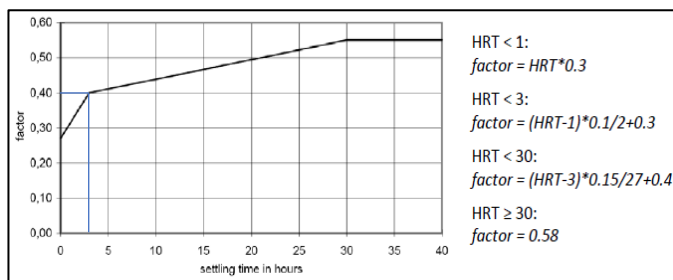


Gambar 7. 7 Grafik Percent Removal BOD dan TSS berdasarkan Td
(Sumber: Metcalf dan Eddy, 2014)

Berdasarkan grafik didapatkan % removal :

$$\begin{aligned} \text{BOD}_5 &= 43 \% & \text{TSS} &= 65 \% \end{aligned}$$

Untuk menghitung persen removal dari COD, dapat ditentukan dari grafik rasio BOD/COD di bawah ini:



Gambar 7. 8 Grafik Penyisihan COD pada Bak Pengendap
(Sumber: Götzenberger, 2009)

Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai COD removal adalah BOD removal dikalikan dengan faktor. Karena waktu detensi yang dibutuhkan pada kompartemen ini adalah 3 jam, maka removal COD adalah :

$$\begin{aligned}\text{COD removal} &= \{ \text{HRT}-3 \} * 0,15/27 + 0,4 \\ &= \{ 3-3 \} * 0,15/27 + 0,4 \\ &= 40 \%\end{aligned}$$

Mass Balance Kompartemen 1

➤ Massa tiap parameter

- $\text{BOD} = \frac{248 \text{ mg/L} \times 670200 \text{ L/hari}}{1.000.000} = 166,2 \text{ kg/hari}$
- $\text{TSS} = \frac{262 \text{ mg/L} \times 670200 \text{ L/hari}}{1.000.000} = 175,6 \text{ kg/hari}$
- $\text{COD} = \frac{426 \text{ mg/L} \times 670200 \text{ L/hari}}{1.000.000} = 285,5 \text{ kg/hari}$

➤ BOD

Konsentrasi ter removal = 43% x 248 mg/L = 106,64 mg/L

Konsentrasi outlet = (100% - 43%) x 248 mg/L = 141,4 mg/L

Massa ter removal = 43% x 166,2 kg/hari = 71,5 kg/hari

Massa outlet = 166,2 kg/hari – 71,5 kg/hari
= 94,7 kg/hari

➤ TSS

Konsentrasi ter removal = 65% x 262 mg/L = 170,3 mg/L

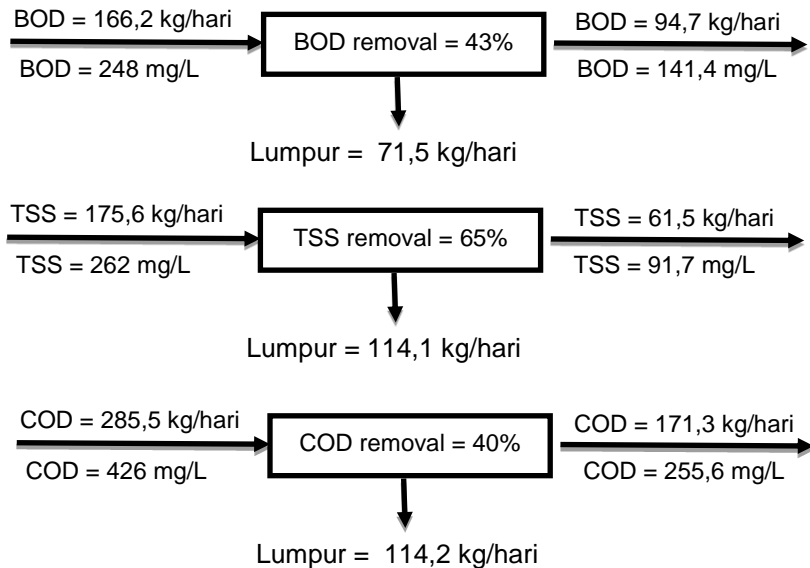
Konsentrasi outlet = (100% - 65%) x 262 mg/L = 91,7 mg/L

Massa teremoval = $65\% \times 175,6 \text{ kg/hari} = 114,1 \text{ kg/hari}$
 Massa outlet = $175,6 \text{ kg/hari} - 114,1 \text{ kg/hari}$
 = $61,5 \text{ kg/hari}$

➤ COD

Konsentrasi teremoval = $40\% \times 426 \text{ mg/L} = 170,4 \text{ mg/L}$
 Konsentrasi outlet = $(100\% - 40\%) \times 426 \text{ mg/L} = 255,6 \text{ mg/L}$
 Massa teremoval = $40\% \times 285,5 \text{ kg/hari} = 114,2 \text{ kg/hari}$
 Massa outlet = $285,5 \text{ kg/hari} - 114,2 \text{ kg/hari}$
 = $171,3 \text{ kg/hari}$

Berikut merupakan diagram alir *mass balance* BOD, TSS dan COD:



Gambar 7. 9 Mass Balance BOD, TSS dan COD Setelah melewati Kompartemen I ABR

- Durasi Pengurasan

Menurut Permen PUPR no.4 tahun 2017, durasi pengurasan lumpur akan dilakukan setiap 6 bulan sekali sebagai bentuk operasi dan perawatan IPAL.

- **Produksi Lumpur**

Produksi lumpur yang dihasilkan selama 6 bulan dan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : Produksi lumpur per orang} &= 40 \text{ L/orang.tahun} \\
 \text{Durasi pengurasan} &= 6 \text{ bulan} = 0,5 \text{ tahun} \\
 \text{Jumlah pelayanan Cluster I} &= 41.932 \text{ orang} \\
 \text{Jumlah pelayanan per ABR} &= 41.932 \text{ orang} / 9 \\
 &= 4659 \text{ orang}
 \end{aligned}$$

- **Volume Lumpur**

Volume lumpur bertujuan untuk menentukan besar volume lumpur yang terbentuk, perhitungan volume lumpur sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \text{Volume lumpur} &= \text{Produksi Lumpur per orang} \times \text{Populasi} \times \\
 &\quad \text{Durasi Pengurasan} \\
 &= 40 \text{ L/orang.tahun} \times 4659 \text{ orang} \\
 &\quad \times 0,5 \text{ tahun} \\
 &= 93180 \text{ L} \\
 &= 93,18 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume lumpur endapan} &= \% \text{removal di BP} \times \text{volume lumpur} \\
 &= 65\% \times 93,18 \text{ m}^3 \\
 &= 60,5 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

➤ **Dimensi Bangunan Ruang Lumpur dan Kompartemen I**

$$\text{Direncanakan } H_{\text{air}} = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak pengendap} &= Q_{\text{rata-rata}} \times t_d \\
 &= 27,92 \text{ m}^3/\text{jam} \times 3 \text{ jam} \\
 &= 83,76 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas bak pengendap} &= \text{Volume bak pengendap} / h_{\text{air}} \\
 &= 83,76 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} \\
 &= 27,92 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$P : L = 2 : 1$$

$$P = 2 L$$

$$A = P \times L$$

$$27,92 \text{ m}^2 = 2 L \times L$$

$$27,92 \text{ m}^2 = 2L^2$$

$$L = 3,8 \text{ m}$$

$$P = 2L$$

$$P = 2 \times 3,8 \text{ m}$$

$$P = 7,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi ruang lumpur} &= \text{Volume lumpur} / \text{Luas bak pengendap} \\ &= 60,5 \text{ m}^3 / (7,6 \text{ m} \times 3,8 \text{ m}) = 1,5 \text{ m}\end{aligned}$$

Dimensi Kompartemen I

$$\begin{aligned}\text{Panjang total + dinding plat} &= 7,6 \text{ m} + (2 \times 0,15) \text{ m} = 7,9 \text{ m} \\ \text{Lebar total + dinding plat} &= 3,8 \text{ m} + (2 \times 0,15) \text{ m} = 4,1 \text{ m} \\ \text{Kedalaman total} &= \text{Kedalaman bak + freeboard +} \\ &\quad \text{plat bawah + plat atas} \\ &= (3 \text{ m} + 1,5 \text{ m}) + 0,3 \text{ m} + 0,15 \\ &\quad \text{m} + 0,15 \text{ m} \\ &= 5,1 \text{ m}\end{aligned}$$

➤ **Perhitungan ABR (kompartemen 2 dan seterusnya)**

Direncanakan lebar kompartemen II sama dengan kompartemen I dan panjang setiap bagian kompartemen II adalah 50-60% dari tinggi ABR karena merupakan kriteria desain dari ABR sendiri dimana ketika terlalu panjang maka akan terjadi *dead zone* sehingga kecepatan air untuk naik sangat lambat. Berikut ini merupakan rencana desain dari kompartemen II.

- Q rata-rata = $670,2 \text{ m}^3/\text{hari} = 27,92 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Tinggi ABR = 4,5 m
- Lebar ABR = 3,8 m
- Panjang = $(50\% - 60\%) \text{ tinggi ABR}$
 $= 60\% \times 4,5 \text{ m}$
 $= 2,7 \text{ m}$
- Rentang HLR = $(16,8 - 38,4) \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$
 HLR rencana = $35 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ (agar luas permukaan tidak terlalu besar, sehingga dimensi tidak terlalu besar)
- HRT rencana = 18 jam (HRT kriteria 6 - 20 jam)
- Asurface total = $Q_{\text{rata-rata}} / \text{HLR rencana}$
 $= 670,2 \text{ m}^3/\text{hari} / 35 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$
 $= 19,15 \text{ m}^2$
- Tinggi total ABR = $\text{HLR rencana} \times (\text{HRT rencana}/24)$
 $= 35 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \times (18/24)$
 $= 26,25 \text{ m}$

- Jumlah kompartemen = Tinggi total yang diperlukan/tinggi kompartemen 1

$$= 26,25 \text{ m} / 4,5 \text{ m}$$

$$= 5,83 \text{ unit} \approx 6 \text{ unit}$$
- Cek HRT = $\frac{\text{Volume kompartemen II}}{\text{Qrata-rata}}$

$$= \frac{2,7 \text{ m} \times 3,8 \text{ m} \times 4,5 \text{ m} \times 6 \text{ buah}}{27,92 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}}$$

$$= 10 \text{ jam (memenuhi kriteria)}$$
- Cek Vup = $\frac{\text{Qrata-rata}}{A \text{ cross}}$

$$= \frac{670,2 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{2,7 \text{ m} \times 3,8 \text{ m}}$$

$$= 41,28 \text{ m/hari}$$

$$= 1,72 \text{ m/jam (memenuhi kriteria} \leq 2 \text{ jam)}$$
- Cek OLR = massa COD *effluent* / (jumlah kompartemen x panjang x lebar x tinggi)

$$= 171,3 \text{ kg/hari} / (6 \times 2,7 \text{ m} \times 3,8 \text{ m} \times 4,5 \text{ m})$$

$$= 0,62 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari (memenuhi kriteria}$$

$$< 3 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari)}$$
- Dimensi ABR

Panjang total ABR = (panjang kompartemen I) + (panjang per kompartemen II x jumlah kompartemen + (tebal dinding x jumlah kompartemen)

$$= 7,6 \text{ m} + (2,7 \text{ m} \times 6) + (0,15 \text{ m} \times 6)$$

$$= 24,7 \text{ m}$$

Lebar ABR = Lebar ABR desain + (2 x tebal dinding)

$$= 3,8 \text{ m} + (2 \times 0,15 \text{ m})$$

$$= 4,1 \text{ m}$$

Tinggi ABR = Kedalaman bak + freeboard + plat bawah + plat atas

$$= (3 \text{ m} + 1,5 \text{ m}) + 0,3 \text{ m} + (2 \times 0,15 \text{ m})$$

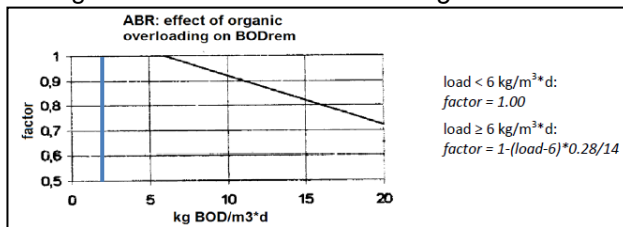
$$= 5,1 \text{ m}$$

- Penentuan % removal BOD

Diketahui konsentrasi BOD₅, COD, dan TSS setelah melalui bak pengendap 1

- BOD = 141,4 mg/L
= 94,7 kg/hari
- COD = 255,6 mg/L
= 171,3 kg/hari
- TSS = 91,7 mg/L
= 61,5 kg/hari

a. Faktor grafik *BOD removal effect of organic overloading*



(Sumber: Götzenberger, 2009)

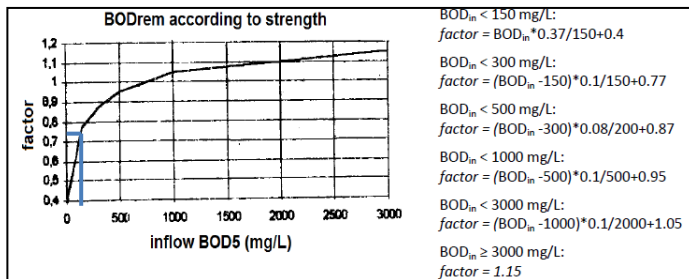
$$\text{OLR} = \frac{Q \times [\text{BOD in}]}{\text{Vol}} = \frac{670,2 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 141,4 \text{ mg/L}}{p \times l \times h \times \text{jumlah kompartemen}}$$

$$= \frac{670,2 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 0,1414 \text{ kg/m}^3}{2,7 \text{ m} \times 3,8 \text{ m} \times 4,5 \text{ m} \times 6}$$

$$= 0,342 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}$$

Faktor BOD removal = 1

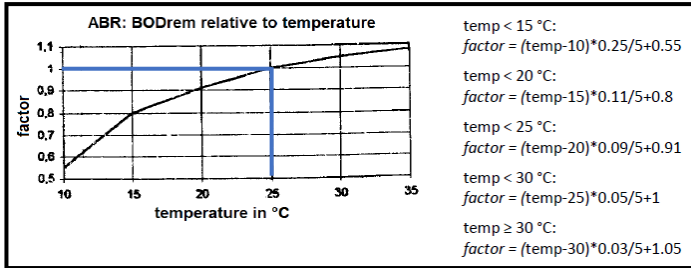
b. Faktor dari grafik *BOD removal according to strength*



(Sumber: Götzenberger, 2009)

Konsentrasi *Influent* BOD = 141,4 mg/L
 Faktor BODrem = 0,75

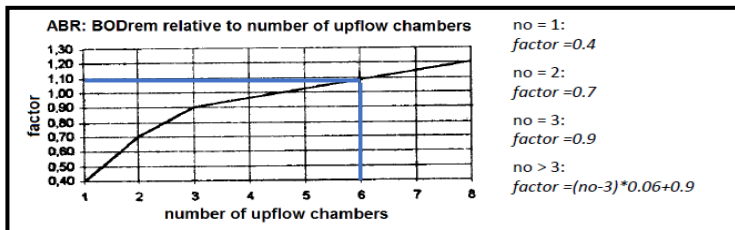
c. Faktor dari grafik *BOD removal relative to temperature*



(Sumber: Götzenberger, 2009)

Asumsi temperatur air limbah 25°C
 Faktor temperature = 1

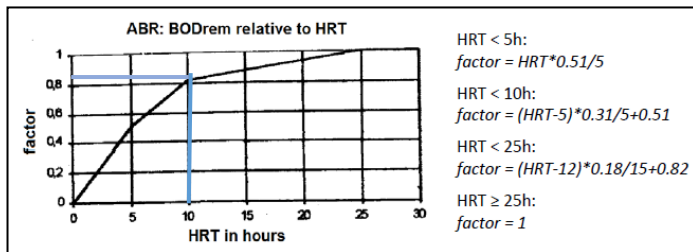
d. Faktor dari grafik *BOD removal relative to number upflow chamber*



(Sumber: Götzenberger, 2009)

Total kompartemen ABR = 6 kompartemen
 Faktor = 1,08

e. Faktor dari *BOD removal relative to HRT*



(Sumber: Götzenberger, 2009)

HRT rencana = 10 jam

Faktor = 0,82

Sehingga dari grafik-grafik tersebut diperoleh perhitungan efisiensi BOD sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \eta_{\text{BOD}} &= \text{OLR} \times \text{BOD Strength} \times T^{\circ} \times \Sigma k_{\text{kompt}} \times \text{HRT} \times 100\% \\ &= 1 \times 0,75 \times 1 \times 1,08 \times 0,82 \times 100\% \\ &= 72,37\% \end{aligned}$$

- Produksi Lumpur BOD

Range koefisien yield : $\gamma = 0,05 - 1$ (yang digunakan 0,06)

Produksi lumpur

$$\begin{aligned} P_x &= \gamma \times \% \text{ removal BOD} \times \text{konsentrasi influent} \times Q \text{ rata-rata} \\ &= 0,06 \times 0,7237 \times 0,1414 \text{ kg/m}^3 \times 670,2 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 4,11 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

- Produksi Lumpur TSS

$$\begin{aligned} \text{Lumpur TSS} &= (\text{Konsentrasi TSS} - \text{Baku mutu}) \times Q \text{ rata-rata} \\ &= (91,7 \text{ mg/L} - 30 \text{ mg/L}) \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1.000.000 \text{ mg}} \times \\ &\quad 670,2 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 41,35 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

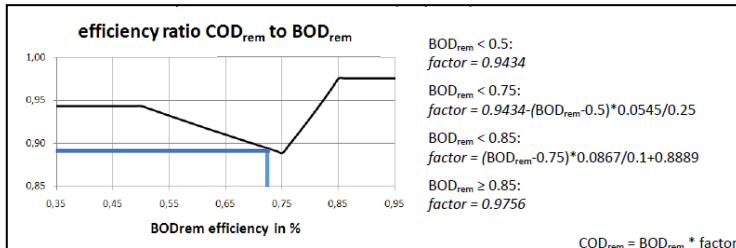
- Total Lumpur

$$\begin{aligned} \text{Total lumpur} &= \text{Lumpur BOD} + \text{Lumpur TSS} \\ &= 4,11 \text{ Kg/hari} + 41,35 \text{ Kg/hari} \\ &= 45,46 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

- Kualitas *Effluent* ABR

$$\begin{aligned}\text{Effluent BOD} &= (100\% - 72,37\%) \times \text{Konsentrasi Influent BOD}_5 \\ &= 27,63\% \times 141,4 \text{ mg/L} \\ &= 39,07 \text{ mg/L (belum memenuhi baku mutu)}\end{aligned}$$

Efisiensi Penyisihan COD Terhadap Penyisihan BOD



(Sumber: Götzenberger, 2009)

$$\begin{aligned}\text{Factor} &= 0,8946 \\ \text{Removal COD} &= \% \text{ Removal BOD} \times \text{factor} \\ &= 0,7237 \times 0,8946 \\ &= 0,6474 = 64,74\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Effluent COD} &= (100\% - 64,74\%) \times \text{Konsentrasi COD influent} \\ &= 35,26\% \times 255,6 \text{ mg/L} \\ &= 90,12 \text{ mg/L (belum memenuhi baku mutu)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi TSS} &= \frac{\text{effluen dari komp I} - \text{effluen baku mutu}}{\text{effluen dari komp I}} \times 100\% \\ &= \frac{91,7 - 30}{91,7} \times 100\% \\ &= 67,3\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Effluent TSS} &= (100\% - 67,3\%) \times \text{Konsentrasi TSS influent} \\ &= 32,7\% \times 91,7 \text{ mg/L} \\ &= 30 \text{ mg/L (memenuhi baku mutu)}\end{aligned}$$

Mass Balance Effluent setelah melewati ABR

➤ BOD

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi ter removal} &= 72,37\% \times 141,4 \text{ mg/L} = 102,33 \text{ mg/L} \\ \text{Konsentrasi outlet} &= (100\% - 72,37\%) \times 141,4 \text{ mg/L} \\ &= 39,07 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Massa teremoval = $72,37\% \times 94,7 \text{ kg/hari} = 68,53 \text{ kg/hari}$
 Massa outlet = $94,7 \text{ kg/hari} - 68,53 \text{ kg/hari}$
 = $26,17 \text{ kg/hari}$

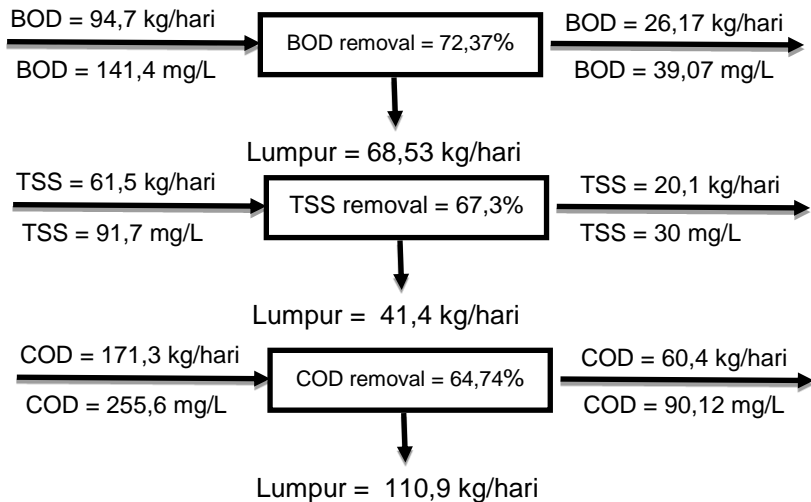
➤ TSS

Konsentrasi teremoval = $67,3\% \times 91,7 \text{ mg/L} = 61,73 \text{ mg/L}$
 Konsentrasi outlet = $(100\% - 67,3\%) \times 91,7 \text{ mg/L} = 30 \text{ mg/L}$
 Massa teremoval = $67,3\% \times 61,5 \text{ kg/hari} = 41,4 \text{ kg/hari}$
 Massa outlet = $61,5 \text{ kg/hari} - 41,4 \text{ kg/hari}$
 = $20,1 \text{ kg/hari}$

➤ COD

Konsentrasi teremoval = $64,74\% \times 255,6 \text{ mg/L} = 165,48 \text{ mg/L}$
 Konsentrasi outlet = $(100\% - 64,74\%) \times 255,6 \text{ mg/L}$
 = $90,12 \text{ mg/L}$
 Massa teremoval = $64,74\% \times 171,3 \text{ kg/hari}$
 = $110,9 \text{ kg/hari}$
 Massa outlet = $171,3 \text{ kg/hari} - 110,9 \text{ kg/hari}$
 = $60,4 \text{ kg/hari}$

Berikut merupakan *mass balance* BOD, TSS dan COD setelah melawati ABR



Gambar 7. 10 Mass Balance BOD, TSS dan COD Setelah Melawati ABR

Sehingga effluent dari masing-masing parameter dapat dilihat pada Tabel berikut ini

Tabel 7. 10 Efisiensi Pengolahan dengan ABR Cluster I

Parameter	Influen (mg/L)	Effluen (mg/L)	Baku Mutu	Keterangan
TSS	262	30	30	Memenuhi
COD	426	90,12	50	Tidak Memenuhi
BOD	248	39,07	30	Tidak Memenuhi
Minyak & Lemak	30	1,5	5	Memenuhi
NH ₃	13,31	13,31	10	Tidak Memenuhi

Dengan mengacu pada baku mutu Permen LHK No. 68 tahun 2016 dan Pergub Jatim no.72 tahun 2013, *effluent* dari ABR dengan parameter BOD, COD dan NH₃ belum memenuhi baku mutu sedangkan untuk parameter lain sudah memenuhi baku mutu sehingga perlu dilakukan pengolahan lanjutan agar *effluent* air limbah domestik memenuhi baku mutu.

7.7.2 Anaerobic Baffled Reactor Cluster II

Menurut Götzenberger 2009, rancangan dimensi tangki menurut adalah sebagai berikut:

3. Rasio panjang terhadap lebar adalah 2 : 1 sampai 3 : 1
4. Tinggi tangki adalah tinggi air dalam tangki ditambah freeboard.

Untuk memberikan distribusi air limbah yang bagus dan merata, rancangan dimensi tiap ruangan ABR adalah sebagai berikut:

3. Kecepatan aliran ke atas (up flow) saat debit maksimum adalah 1 – 2 m/jam
4. Pembebanan organik adalah < 3 kg /m³/hari.

Perhitungan Kompartemen I (Bak Pengendapan Lumpur)

Diketahui :

1. Debit Limbah

- Q rata-rata = 985,4 m³/hari = 0,0114 m³/detik

Karena debit yang masuk terlalu besar, maka direncanakan akan dibangun 2 bagian ABR yang diletakkan secara paralel dengan dimensi yang sama, maka debit setiap unitnya dapat dihitung:

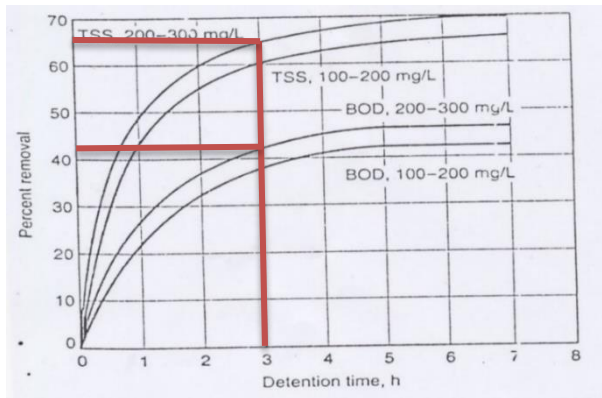
$$\begin{aligned} \text{Qrata-rata} &= \text{Qrata-rata} / 2 \text{ unit} \\ &= 985,4 \text{ m}^3/\text{hari} / 2 \text{ unit} \\ &= 492,7 \text{ m}^3/\text{hari} = 20,53 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

2. Konsentrasi Air Limbah Domestik

- TSS = 262 mg/L
- BOD = 248 mg/L
- COD = 426 mg/L

Removal BOD, COD dan TSS

Pada kompartemen I waktu tinggal di ambil selama 3 jam karena bila dilihat dari grafik t_d vs removal BOD, $t_d = 3$ jam tidak terjadi perubahan yang signifikan dan memperhitungkan lahan sehingga kompartemen tidak terlalu besar. Hubungan waktu detensi dan % removal BOD serta TSS ditunjukkan pada gambar berikut ini

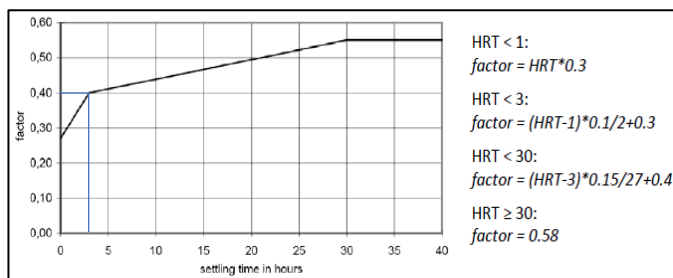


Gambar 7. 11 Grafik Percent Removal BOD dan TSS berdasarkan T_d
(Sumber: Metcalf dan Eddy, 2014)

Berdasarkan grafik didapatkan % removal :

$$\begin{array}{ll} \text{BOD} & = 43 \% \end{array} \quad \begin{array}{ll} \text{TSS} & = 65 \% \end{array}$$

Untuk menghitung persen removal dari COD, dapat ditentukan dari grafik rasio BOD/COD di bawah ini:



Gambar 7. 12 Grafik Penyisihan COD pada Bak Pengendap
 (Sumber: Götzenberger, 2009)

Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai COD removal adalah BOD removal dikalikan dengan faktor. Karena waktu detensi yang dibutuhkan pada kompartemen ini adalah 3 jam, maka removal COD adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{COD removal} &= \{HRT - 3\} \cdot 0,15 / 27 + 0,4 \\
 &= \{3 - 3\} \cdot 0,15 / 27 + 0,4 \\
 &= 40 \%
 \end{aligned}$$

Mass Balance Kompartemen 1

➤ Massa tiap parameter

- $BOD = \frac{248 \text{ mg/L} \times 492.700 \text{ L/hari}}{1.000.000} = 122,2 \text{ kg/hari}$
- $TSS = \frac{262 \text{ mg/L} \times 492.700 \text{ L/hari}}{1.000.000} = 129,1 \text{ kg/hari}$
- $COD = \frac{426 \text{ mg/L} \times 492.700 \text{ L/hari}}{1.000.000} = 209,9 \text{ kg/hari}$

➤ BOD

Konsentrasi ter removal = 43% x 248 mg/L = 106,64 mg/L

Konsentrasi outlet = (100% - 43%) x 248 mg/L = 141,4 mg/L

Massa ter removal = 43% x 122,2 kg/hari = 52,55 kg/hari

Massa outlet = 122,2 kg/hari – 52,55 kg/hari
 = 69,65 kg/hari

➤ TSS

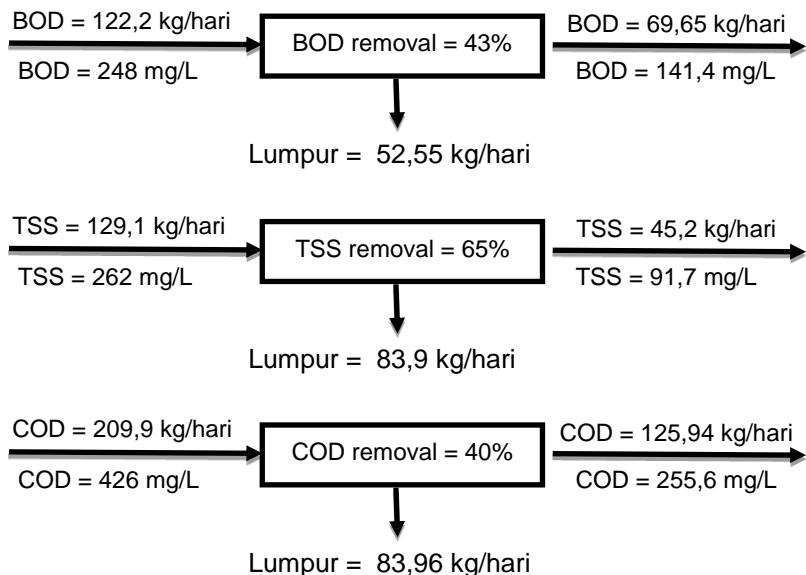
Konsentrasi ter removal = 65% x 262 mg/L = 170,3 mg/L

Konsentrasi outlet = $(100\% - 65\%) \times 262 \text{ mg/L} = 91,7 \text{ mg/L}$
 Massa teremoval = $65\% \times 129,1 \text{ kg/hari} = 83,9 \text{ kg/hari}$
 Massa outlet = $129,1 \text{ kg/hari} - 83,9 \text{ kg/hari}$
 = $45,2 \text{ kg/hari}$

➤ COD

Konsentrasi teremoval = $40\% \times 426 \text{ mg/L} = 170,4 \text{ mg/L}$
 Konsentrasi outlet = $(100\% - 40\%) \times 426 \text{ mg/L} = 255,6 \text{ mg/L}$
 Massa teremoval = $40\% \times 209,9 \text{ kg/hari} = 83,96 \text{ kg/hari}$
 Massa outlet = $209,9 \text{ kg/hari} - 83,96 \text{ kg/hari}$
 = $125,94 \text{ kg/hari}$

Berikut merupakan diagram alir *mass balance* BOD, TSS dan COD:



Gambar 7. 13 Mass Balance BOD, TSS dan COD Setelah melewati Kompartemen I ABR

- Durasi Pengurasan

Menurut Permen PUPR no.4 tahun 2017, durasi pengurasan lumpur akan dilakukan setiap 6 bulan sekali sebagai bentuk operasi dan perawatan IPAL.

- Produksi Lumpur

Produksi lumpur yang dihasilkan selama 6 bulan dan dapat dihitung sebagai berikut :

Diketahui : Produksi lumpur per orang = 40 L/orang.tahun
 Durasi pengurasan = 6 bulan = 0,5 tahun
 Jumlah pelayanan *Cluster* II = 6850 orang
 Jumlah pelayanan per ABR = 6850 orang / 2
 = 3425 orang

- Volume Lumpur

Volume lumpur bertujuan untuk menentukan besar volume lumpur yang terbentuk, perhitungan volume lumpur sebagai berikut

Volume lumpur = Produksi Lumpur per orang x Populasi x Durasi Pengurasan
 = 40 L/orang.tahun x 3425 orang
 x 0,5 tahun
 = 68500 L
 = 68,5 m³

Volume lumpur endapan = %removal di BP x volume lumpur
 = 65% x 68,5 m³
 = 44,5 m³

➤ **Dimensi Bangunan Ruang Lumpur dan Kompartemen I**

Direncanakan H_{air} = 3 m

Volume bak pengendap = Qrata-rata x td
 = 20,53 m³/jam x 3 jam
 = 61,59 m³

Luas bak pengendap = Volume bak pengendap / h air
 = 61,59 m³ / 3 m
 = 20,53 m²

P : L = 2 : 1

P = 2 L

A = P x L

20,53 m² = 2 L x L

$$\begin{aligned}
 20,53 \text{ m}^2 &= 2L^2 \\
 L &= 3,3 \text{ m} \\
 P &= 2L \\
 P &= 2 \times 3,3 \text{ m} \\
 P &= 6,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi ruang lumpur} &= \text{Volume lumpur} / \text{Luas bak pengendap} \\
 &= 44,5 \text{ m}^3 / (6,6 \text{ m} \times 3,3 \text{ m}) = 1,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimensi Kompartemen I

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang total + dinding plat} &= 6,6 \text{ m} + (2 \times 0,15) \text{ m} = 6,9 \text{ m} \\
 \text{Lebar total + dinding plat} &= 3,3 \text{ m} + (2 \times 0,15) \text{ m} = 3,6 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman total} &= \text{Kedalaman bak} + \text{freeboard} + \\
 &\quad \text{plat bawah} + \text{plat atas} \\
 &= (3 \text{ m} + 1,4 \text{ m}) + 0,3 \text{ m} + 0,15 \text{ m} \\
 &= 5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

➤ Perhitungan ABR (kompartemen 2 dan seterusnya)

Direncanakan lebar kompartemen II sama dengan kompartemen I dan panjang setiap bagian kompartemen II adalah 50-60% dari tinggi ABR karena merupakan kriteria desain dari ABR sendiri dimana ketika terlalu panjang maka akan terjadi *dead zone* sehingga kecepatan air untuk naik sangat lambat. Berikut ini merupakan rencana desain dari kompartemen II.

- Q rata-rata = $492,7 \text{ m}^3/\text{hari} = 20,53 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Tinggi ABR = $4,4 \text{ m}$
- Lebar ABR = $3,3 \text{ m}$
- Panjang = $(50\% - 60\%) \text{ tinggi ABR}$
 $= 60\% \times 4,4 \text{ m}$
 $= 2,64 \text{ m}$
- Rentang HLR = $(16,8 - 38,4) \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$
 HLR rencana = $35 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ (agar luas permukaan tidak terlalu besar, sehingga dimensi tidak terlalu besar)
- HRT rencana = 18 jam (HRT kriteria 6 - 20 jam)
- Asurface total = $Q_{\text{rata-rata}} / \text{HLR rencana}$
 $= 492,7 \text{ m}^3/\text{hari} / 35 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$

$$= 14,08 \text{ m}^2$$

- Tinggi total ABR = HLR rencana x (HRT rencana/24)
 = $35 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \times (18/24)$
 = 26,25 m
- Jumlah kompartemen = Tinggi total yang diperlukan/tinggi kompartemen 1
 = $26,25 \text{ m} / 4,4 \text{ m}$
 = 5,96 unit \approx 6 unit
- Cek HRT = $\frac{\text{Volume kompartemen II}}{\text{Qrata-rata}}$
 = $\frac{2,64 \text{ m} \times 3,3 \text{ m} \times 4,4 \text{ m} \times 6 \text{ buah}}{20,53 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}}$
 = 11,2 jam (memenuhi kriteria)
- Cek Vup = $\frac{\text{Qrata-rata}}{A \text{ cross}}$
 = $\frac{492,7 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{2,64 \text{ m} \times 3,3 \text{ m}}$
 = 32,64 m/hari
 = 1,36 m/jam (memenuhi kriteria ≤ 2 jam)
- Cek OLR = massa COD *effluent* / (jumlah kompartemen x panjang x lebar x tinggi)
 = $125,94 \text{ kg/hari} / (6 \times 2,64 \text{ m} \times 3,3 \text{ m} \times 4,4 \text{ m})$
 = $0,5 \text{ kg COD}/\text{m}^3 \cdot \text{hari}$ (memenuhi kriteria $< 3 \text{ kg COD}/\text{m}^3 \cdot \text{hari}$)
- Dimensi ABR
 Panjang total ABR = (panjang kompartemen I) + (panjang per kompartemenII x jumlah kompartemen + (tebal dinding x jumlah kompartemen)
 = $6,9 \text{ m} + (2,64 \text{ m} \times 6) + (0,15 \text{ m} \times 6)$
 = 23,64 m
 Lebar ABR = Lebar ABR desain + (2 x tebal dinding)
 = $3,3 \text{ m} + (2 \times 0,15) \text{ m}$
 = 3,6 m

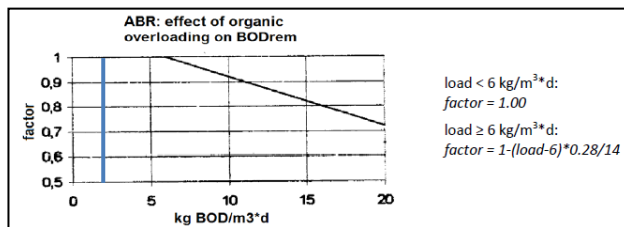
Tinggi ABR = Kedalaman bak + freeboard + plat bawah + plat atas
 $= (3 \text{ m} + 1,4 \text{ m}) + 0,3 \text{ m} + (2 \times 0,15 \text{ m})$
 $= 5 \text{ m}$

- Penentuan % removal BOD

Diketahui konsentrasi BOD₅, COD, dan TSS setelah melalui bak pengendap 1

- BOD = 141,4 mg/L
= 69,65 kg/hari
- COD = 255,6 mg/L
= 125,94 kg/hari
- TSS = 91,7 mg/L
= 45,2 kg/hari

a. Faktor grafik *BOD removal effect of organic overloading*

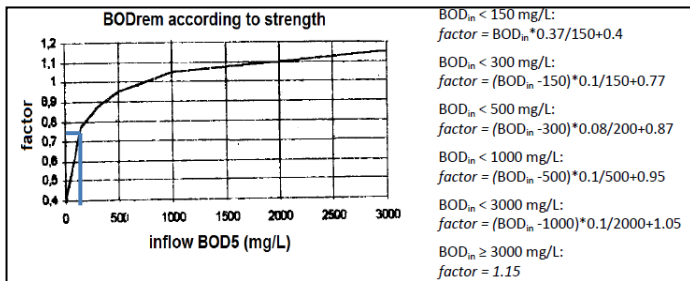


(Sumber: Götzenberger, 2009)

$$\begin{aligned} \text{OLR} &= \frac{Q \times [\text{BOD in}]}{\text{Vol}} = \frac{492,7 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 141,4 \text{ mg/L}}{p \times l \times h \times \text{jumlah kompartemen}} \\ &= \frac{492,7 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 0,1414 \text{ kg/m}^3}{2,64 \text{ m} \times 3,3 \text{ m} \times 4,4 \text{ m} \times 6} \\ &= 0,3 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

Faktor BOD removal = 1

b. Faktor dari grafik *BOD removal according to strength*

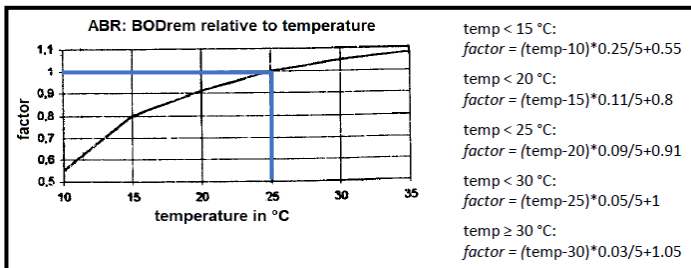


(Sumber: Götzenberger, 2009)

Konsentrasi *Influent BOD* = 141,4 mg/L

Faktor BODrem = 0,75

c. Faktor dari grafik *BOD removal relative to temperature*

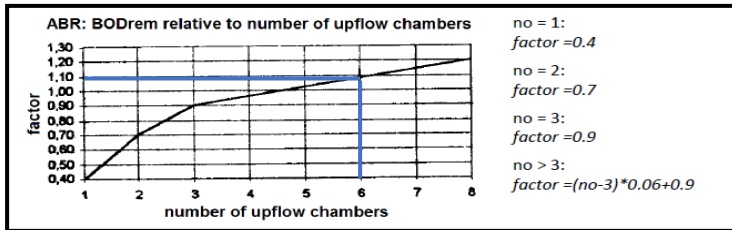


(Sumber: Götzenberger, 2009)

Asumsi temperatur air limbah 25°C

Faktor temperature = 1

d. Faktor dari grafik *BOD removal relative to number upflow chamber*

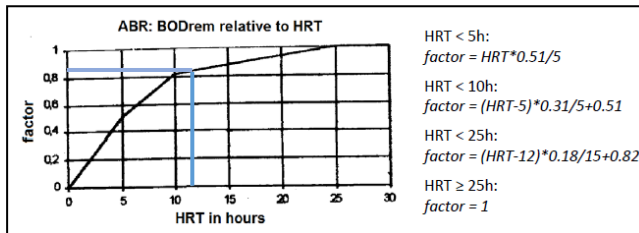


(Sumber: Götzenberger, 2009)

Total kompartemen ABR = 6 kompartemen

Faktor = 1,08

e. Faktor dari *BOD removal relative to HRT*



(Sumber: Götzenberger, 2009)

HRT rencana = 11,2 jam

Faktor = 0,832

Sehingga dari grafik-grafik tersebut diperoleh perhitungan efisiensi BOD sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \eta_{\text{BOD}} &= \text{OLR} \times \text{BOD Strength} \times T^{\circ} \times \Sigma \text{kompt} \times \text{HRT} \times 100\% \\
 &= 1 \times 0,75 \times 1 \times 1,08 \times 0,832 \times 100\% \\
 &= 69,63 \%
 \end{aligned}$$

- **Produksi Lumpur BOD**

Range koefisien yield : $\gamma = 0,05 - 1$ (yang digunakan 0,06)

Produksi lumpur

$$\begin{aligned}
 P_x &= \gamma \times \% \text{ removal BOD} \times \text{konsentrasi influent} \times Q \text{ rata-rata} \\
 &= 0,06 \times 0,6963 \times 0,1414 \text{ kg/m}^3 \times 492,7 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 2,9 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

- Produksi Lumpur TSS

$$\begin{aligned}\text{Lumpur TSS} &= (\text{Konsentrasi TSS} - \text{Baku mutu}) \times Q \text{ rata-rata} \\ &= (91,7 \text{ mg/L} - 30 \text{ mg/L}) \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1.000.000 \text{ mg}} \times \\ &\quad 492,7 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 30,4 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

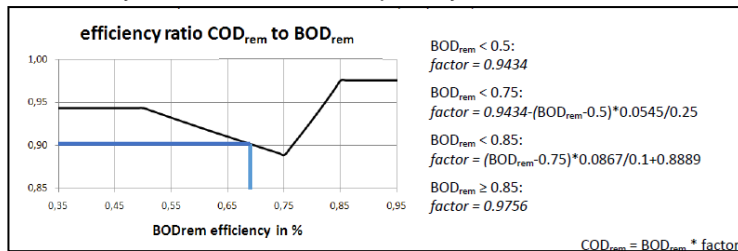
- Total Lumpur

$$\begin{aligned}\text{Total lumpur} &= \text{Lumpur BOD} + \text{Lumpur TSS} \\ &= 2,9 \text{ kg/hari} + 30,4 \text{ kg/hari} \\ &= 33,3 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

- Kualitas *Effluent* ABR

$$\begin{aligned}\text{Effluent BOD} &= (100\% - 69,63\%) \times \text{Konsentrasi Influent BOD} \\ &= 30,37\% \times 141,4 \text{ mg/L} \\ &= 42,94 \text{ mg/L (belum memenuhi baku mutu)}\end{aligned}$$

Efisiensi Penyisihan COD Terhadap Penyisihan BOD



(Sumber: Götzenberger, 2009)

$$\text{Factor} = 0,9005$$

$$\begin{aligned}\text{Removal COD} &= \% \text{ Removal BOD} \times \text{factor} \\ &= 0,6967 \times 0,9005 \\ &= 0,6274 = 62,74\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Effluent COD} &= (100\% - 62,74\%) \times \text{Konsentrasi COD influent} \\ &= 37,26\% \times 255,6 \text{ mg/L} \\ &= 95,23 \text{ mg/L (memenuhi baku mutu)}\end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi TSS} = \frac{\text{effluen dari komp I} - \text{effluen baku mutu}}{\text{effluen dari komp I}} \times 100\%$$

$$= \frac{91,7-30}{91,7} \times 100\%$$

$$= 67,3\%$$

$$\begin{aligned} \text{Effluent TSS} &= (100\% - 67,3\%) \times \text{Konsentrasi TSS influent} \\ &= 32,7\% \times 91,7 \text{ mg/L} \\ &= 30 \text{ mg/L (memenuhi baku mutu)} \end{aligned}$$

Mass Balance Effluent setelah melewati ABR

➤ BOD

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi teremoval} &= 69,63\% \times 141,4 \text{ mg/L} = 98,46 \text{ mg/L} \\ \text{Konsentrasi outlet} &= (100\% - 63,41\%) \times 141,4 \text{ mg/L} \\ &= 42,94 \text{ mg/L} \\ \text{Massa teremoval} &= 69,63\% \times 69,65 \text{ kg/hari} = 48,5 \text{ kg/hari} \\ \text{Massa outlet} &= 69,65 \text{ kg/hari} - 48,5 \text{ kg/hari} \\ &= 21,15 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

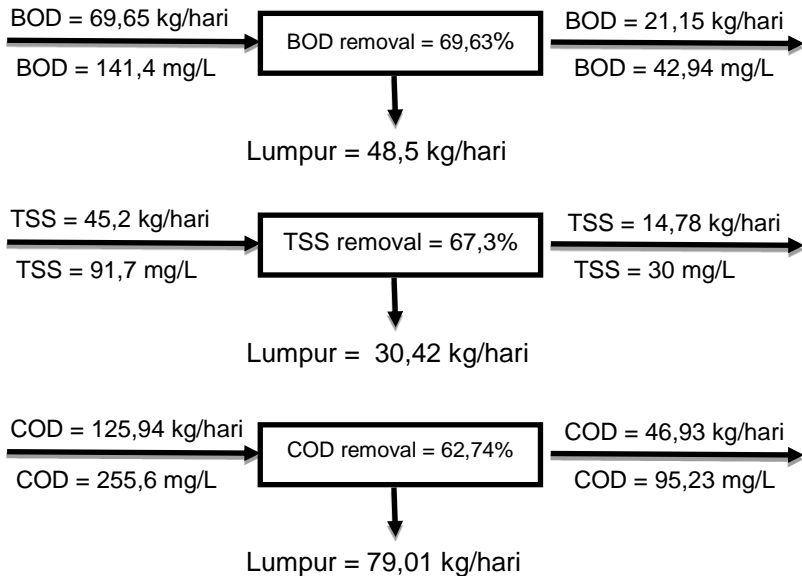
➤ TSS

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi teremoval} &= 67,3\% \times 91,7 \text{ mg/L} = 61,7 \text{ mg/L} \\ \text{Konsentrasi outlet} &= (100\% - 67,3\%) \times 91,7 \text{ mg/L} = 30 \text{ mg/L} \\ \text{Massa teremoval} &= 67,3\% \times 45,2 \text{ kg/hari} = 30,42 \text{ kg/hari} \\ \text{Massa outlet} &= 45,2 \text{ kg/hari} - 30,42 \text{ kg/hari} \\ &= 14,78 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

➤ COD

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi teremoval} &= 62,74\% \times 255,6 \text{ mg/L} = 160,37 \text{ mg/L} \\ \text{Konsentrasi outlet} &= (100\% - 62,74\%) \times 255,6 \text{ mg/L} \\ &= 95,23 \text{ mg/L} \\ \text{Massa teremoval} &= 62,74\% \times 125,94 \text{ kg/hari} = 79,01 \text{ kg/hari} \\ \text{Massa outlet} &= 125,94 \text{ kg/hari} - 79,01 \text{ kg/hari} \\ &= 46,93 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Berikut merupakan *mass balance* BOD, TSS dan COD setelah melewati ABR



Gambar 7. 14 Mass Balance BOD, TSS dan COD Setelah Melawati ABR

Sehingga *effluent* dari masing-masing parameter dapat dilihat pada Tabel berikut ini:

Tabel 7. 11 Efisiensi Pengolahan dengan ABR Cluster II

Parameter	Influen (mg/L)	Effluen (mg/L)	Baku Mutu	Keterangan
TSS	262	30	30	Memenuhi
COD	426	95,23	50	Tidak Memenuhi
BOD	248	42,94	30	Tidak Memenuhi
Minyak & Lemak	30	1,5	5	Memenuhi
NH ₃	13,31	13,31	10	Tidak Memenuhi

Dengan mengacu pada baku mutu Permen LHK No. 68 tahun 2016 dan Pergub Jatim no.72 tahun 2013, *effluent* dari ABR

dengan parameter BOD, COD dan NH_3 belum memenuhi baku mutu sedangkan untuk parameter lain sudah memenuhi baku mutu sehingga perlu dilakukan pengolahan lanjutan agar *effluent* air limbah domestik memenuhi baku mutu.

7.8 **Anaerobic Filter**

Menurut Sasse (1998), *Anaerobic Filter* (AF) secara umum memiliki kesamaan penampilan dengan trickling filter pada pengolahan air limbah secara aerobik. Air limbah pada AF didistribusikan hingga bagian bawah dari AF. Aliran air dalam AF adalah bawah ke atas melalui media batuan sehingga filternya terendam secara keseluruhan. Mikroorganisme anaerobik terakumulasi pada bagian kosong di antara batuan sehingga air limbah dapat kontak dengan biomassa aktif yang luas ketika melalui filter

7.8.1 **Anaerobic Filter Cluster I**

Diketahui :

- $Q_{influent} = Q_{effluent} \text{ ABR} = 670,2 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $\text{BOD}_{influent} \text{ ke AF} = \text{BOD}_{effluent} \text{ ABR} = 39,07 \text{ mg/L}$
- $\text{COD}_{influent} \text{ ke AF} = \text{COD}_{effluent} \text{ ABR} = 90,12 \text{ mg/L}$
- Lebar AF = lebar ABR = 3,8 m
- Kedalaman AF = Kedalaman ABR = 4,5 m

Dimensi AF

- Void = 40%, Volume media = $(100-40)\% = 60 \%$
- Volume AF = $(\text{Volume ABR} \times 60\%) \times \text{Volume ABR}$
 $= (100\% + 60\%) \times (P_{ABR} \times L_{ABR} \times H_{ABR})$
 $= 1,6 \times (2,7 \times 3,8 \times 4,5)$
 $= 73,87 \text{ m}^3$
- Panjang kompartemen AF = $\text{Volume AF} / (\text{tinggi} \times \text{lebar})$
 $= 73,87 \text{ m}^3 / (4,5 \text{ m} \times 3,8 \text{ m})$
 $= 4,32 \text{ m}$
- Tinggi media pada AF = $\text{Volume ABR} / \text{Luas AF}$
 $= (2,7 \text{ m} \times 3,8 \text{ m} \times 4,5 \text{ m}) /$
 $(4,32 \text{ m} \times 3,8 \text{ m})$
 $= 2,8 \text{ m}$

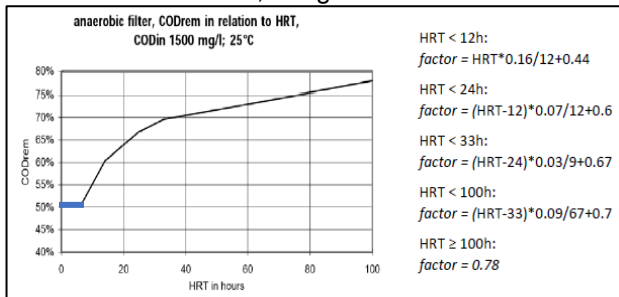
Perhitungan Jumlah Kompartemen AF

Karena influent AF merupakan *effluent* dari ABR maka HRT AF sama dengan HRT ABR 1 kompartemen.

$$\begin{aligned} \bullet \text{ HRT AF} &= \frac{\text{HRT total}}{\text{jumlah kompartemen}} \\ &= \frac{10}{6} \\ &= 1,67 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ HRT AF} \\ \text{Efisiensi COD} &= \frac{\text{Influent COD} - \text{effluent rencana}}{\text{Influent COD}} \times 100\% \\ &= \frac{90,12 - 50}{90,12} \times 100\% \\ &= 44,52\% \end{aligned}$$

Grafik menentukan HRT AF, dengan acuan HRT ABR < 12 jam



(Sumber: Götzenberger, 2009)

$$\begin{aligned} \% \text{ Removal COD} &= \text{HRT} \times 0,16 / 12 + 0,44 \\ 0,4452 &= \text{HRT} \times 0,16 / 12 + 0,44 \\ \text{HRT} &= 0,39 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga jumlah kompartemen AF} &= \text{HRT total AF} / \text{HRT AF} \\ &= 0,39 \text{ jam} / 1,67 \text{ jam} \\ &= 1 \text{ kompartemen} \end{aligned}$$

Cek HRT dan Vup

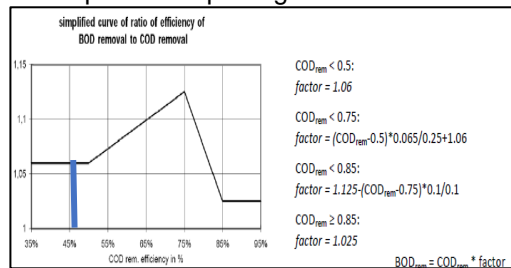
$$\begin{aligned} \text{Cek HRT} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Qrata-rata}} = \frac{p \times l \times h \times \text{jumlah kompartemen}}{\text{Qrata-rata}} \\ &= \frac{4,32 \times 3,8 \times 4,5 \times 1}{670,2} \\ &= 0,261 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek } V_{up} &= \frac{\text{Qrata-rata}}{\text{A cross AF}} = \frac{670,2}{4,32 \times 3,8} \\
 &= 6,25 \text{ jam (memenuhi kriteria)} \\
 &= 40,82 \text{ m/hari} \\
 &= 1,7 \text{ m/jam (memenuhi kriteria)}
 \end{aligned}$$

Effluent BOD, COD dan TSS

- % removal COD = 44,52 %

Grafik *Simplified Curve of Ratio Efficiency of BOD Removal to COD Removal* dapat dilihat pada gambar berikut ini



(Sumber: Götzenberger, 2009)

- % removal BOD = CODremoval x faktor
= 0,4452 x 1,06
= 47,19%
- Effluent COD = (100% - 44,52%) x Influent COD
= 55,48% x 90,12 mg/L
= 50 mg/L (memenuhi baku mutu)
- Effluent BOD = (100% - 47,19%) x Influent BOD
= 52,81% x 39 mg/L
= 20,6 mg/L (memenuhi baku mutu)
- Effluent TSS = (100% - 40%) x Influent BOD
= 60% x 30 mg/L
= 18 mg/L (memenuhi baku mutu)

Mass Balance Effluent setelah melewati AF

➤ BOD

Konsentrasi teremoval = 47,19% x 39,07 mg/L = 18,47 mg/L

Konsentrasi outlet = (100% - 47,19%) x 39,07 mg/L
= 20,6 mg/L

Massa teremoval = $47,19\% \times 26,17 \text{ kg/hari} = 12,35 \text{ kg/hari}$
 Massa outlet = $26,17 \text{ kg/hari} - 12,35 \text{ kg/hari}$
 = $13,82 \text{ kg/hari}$

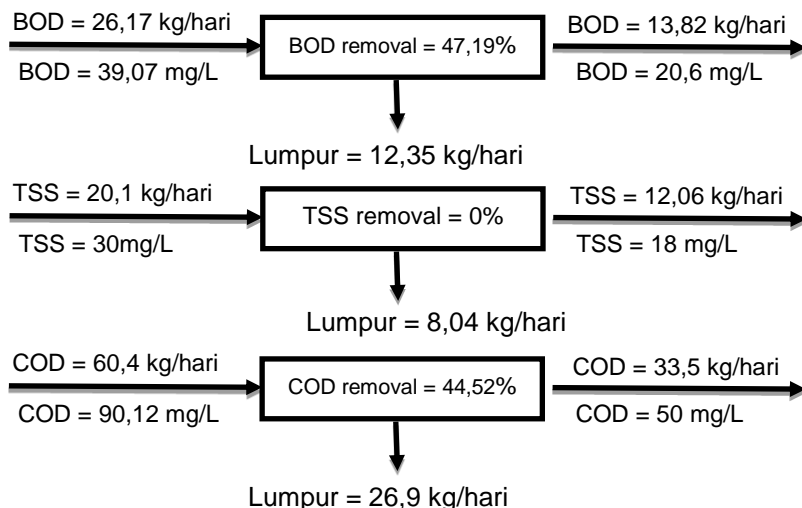
➤ TSS

Konsentrasi teremoval = $40\% \times 30 \text{ mg/L} = 12 \text{ mg/L}$
 Konsentrasi outlet = $(100\% - 40\%) \times 30 \text{ mg/L} = 18 \text{ mg/L}$
 Massa teremoval = $40\% \times 20,1 \text{ kg/hari} = 8,04 \text{ kg/hari}$
 Massa outlet = $20,1 \text{ kg/hari} - 8,04 \text{ kg/hari}$
 = $12,06 \text{ kg/hari}$

➤ COD

Konsentrasi teremoval = $44,52\% \times 90,12 \text{ mg/L} = 40,12 \text{ mg/L}$
 Konsentrasi outlet = $(100\% - 44,52\%) \times 90,12 \text{ mg/L}$
 = 50 mg/L
 Massa teremoval = $44,52\% \times 60,4 \text{ kg/hari}$
 = $26,9 \text{ kg/hari}$
 Massa outlet = $60,4 \text{ kg/hari} - 26,9 \text{ kg/hari}$
 = $33,5 \text{ kg/hari}$

Berikut merupakan *mass balance* BOD, TSS dan COD setelah melewati AF



Gambar 7. 15 Mass Balance BOD, TSS dan COD Setelah Melawati AF

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan unit AF didapatkan hasil 20,6 mg/L(BOD) dan 50 mg/L(COD), effluent yang didapat sudah sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 30 mg/L(BOD) dan 50 mg/L (COD), sehingga aman untuk dilepaskan ke badan air. Berdasarkan perhitungan Instalasi Pengolahan Air Limbah yang menggunakan kombinasi ABR dan AF didapatkan hasil effluent yang telah memenuhi baku mutu kecuali untuk parameter NH_3 . Hasil effluent sebagai berikut :

Tabel 7. 12 Efisiensi Pengolahan dengan AF Cluster I

Parameter	Influen (mg/L)	Effluen (mg/L)	Baku Mutu	Keterangan
TSS	30	18	30	Memenuhi
COD	90,12	50	50	Memenuhi
BOD	39,07	20,6	30	Memenuhi
Minyak & Lemak	1,5	1,5	5	Memenuhi
NH_3	13,31	13,31	10	Tidak Memenuhi

- Dimensi Total AF

Free board = 0,3 m

Tebal dinding = 0,15 m

Panjang total ABR = (panjang per kompartemen x jumlah kompartemen + (tebal dinding x 2))
 = (4,32 m x 1) + (0,15 m x 2)
 = 4,62 m

Lebar ABR = Lebar ABR desain + (2 x tebal dinding)
 = 3,8 m + (2 x 0,15) m
 = 4,1 m

Tinggi ABR = Kedalaman bak + freeboard + plat bawah + plat atas
 = (3 m + 1,5 m) + 0,3 m + (2 x 0,15 m)
 = 5,1 m

- Menghitung Headloss

Headloss dihitung dengan menggunakan rumus Rose, direncanakan:

Tebal media = Tinggi media = 2,8 m = 280 cm

Diameter media (d) = 2 cm

Factor bentuk (ψ) = 0,82

Porositas media = 0,42

Temperature air (T) = 25°C

Densitas (ρ) = 0.09907 gr/cm³

$\mu = 0.8949 \times 10^{-3}$ N.det/m² = 0,8949 x 10⁻² gr/cm.detik

Kecepatan = 0,61 m/jam = 61 cm/jam

- $Nre = (\psi \times \rho \times d \times v_a) / \mu$

$$= \frac{0,82 \times 0,99707 \times 2 \times \frac{61}{3600}}{0,008949} = 3,1 \text{ (transisi)}$$

- $C_D = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0,34$

$$C_D = \frac{24}{3,1} + \frac{3}{\sqrt{3,1}} + 0,34$$

$$= 9,786$$

- Headloss = $1,067 \frac{C_D L V a^2}{\psi d s^4 g}$

$$= \frac{1,067 \times 9,786 \times 2,8 \times \frac{0,61^2}{3600}}{0,82 \times 0,02 \times (0,42)^4 \times 9,81}$$

$$= 0,000165 \text{ m}$$

$$= 0,01645 \text{ cm}$$

7.8.2 Anaerobic Filter Cluster II

Diketahui :

- $Q_{influent} = Q_{effluent} ABR = 492,7 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $BOD_{influent} \text{ ke AF} = BOD_{effluent} ABR = 42,94 \text{ mg/L}$
- $COD_{influent} \text{ ke AF} = COD_{effluent} ABR = 95,23 \text{ mg/L}$
- Lebar AF = lebar ABR = 3,3 m
- Kedalaman AF = Kedalaman ABR = 4,4 m

Dimensi AF

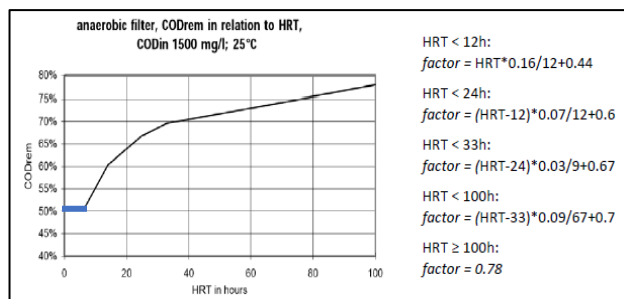
- Void = 40%, Volume media = $(100-40)\% = 60 \%$
- Volume AF = $(\text{Volume ABR} \times 60\%) \times \text{Volume ABR}$
 $= (100\% + 60\%) \times (P_{ABR} \times L_{ABR} \times H_{ABR})$
 $= 1,6 \times (2,64 \text{ m} \times 3,3 \text{ m} \times 4,4 \text{ m})$
 $= 61,33 \text{ m}^3$
- Panjang kompartemen AF = $\text{Volume AF} / (\text{tinggi} \times \text{lebar})$
 $= 61,33 \text{ m}^3 / (4,4 \text{ m} \times 3,3 \text{ m})$
 $= 4,23 \text{ m}$
- Tinggi media pada AF = $\text{Volume ABR} / \text{Luas AF}$
 $= (2,64 \text{ m} \times 3,3 \text{ m} \times 4,4 \text{ m}) /$
 $(4,23 \text{ m} \times 3,3 \text{ m})$
 $= 2,75 \text{ m}$

Perhitungan Jumlah Kompartemen AF

Karena influent AF merupakan *effluent* dari ABR maka HRT AF sama dengan HRT ABR 1 kompartemen.

- HRT ABR
$$= \frac{HRT_{total}}{\text{Jumlah kompartemen}}$$
$$= \frac{11,2}{6}$$
$$= 1,87 \text{ jam}$$
- HRT AF
- Efisiensi COD
$$= \frac{\text{Influent COD} - \text{effluent rencana}}{\text{Influent COD}} \times 100\%$$
$$= \frac{95,23 - 50}{95,23} \times 100\%$$
$$= 47,5 \%$$

Grafik menentukan HRT AF, dengan acuan HRT ABR < 12 jam



(Sumber: Götzenberger, 2009)

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Removal COD} &= HRT \times 0.16/12 + 0.44 \\
 0.475 &= HRT \times 0.16/12 + 0.44 \\
 HRT &= 1.47 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga jumlah kompartemen AF} &= \text{HRT total AF} / \text{HRT AF} \\
 &= 1.47 \text{ jam} / 1.87 \text{ jam} \\
 &= 1 \text{ kompartemen}
 \end{aligned}$$

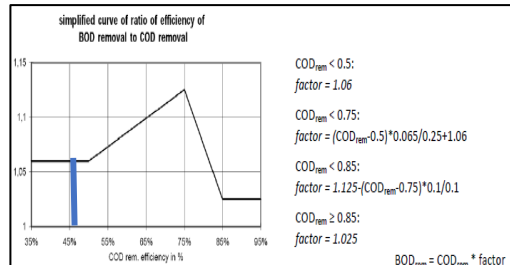
Cek HRT dan Vup

$$\begin{aligned}
 \text{Cek HRT} &= \frac{\text{Volume}}{Q_{\text{peak}}} = \frac{p \times l \times h \times \text{jumlah kompartemen}}{Q_{\text{peak}}} \\
 &= \frac{4.23 \times 3.3 \times 4.4 \times 1}{492.7} \\
 &= 0.255 \text{ hari} \\
 &= 6.12 \text{ jam (memenuhi kriteria)} \\
 \text{Cek Vup} &= \frac{Q_{\text{peak}}}{A_{\text{cross AF}}} = \frac{492.7}{4.23 \times 3.3} \\
 &= 35.3 \text{ m/hari} \\
 &= 1.47 \text{ m/jam (memenuhi kriteria)}
 \end{aligned}$$

Effluent BOD₅, COD dan TSS

$$- \% \text{ removal COD} = 47.5 \%$$

Gratik *Simplified Curve of Ratio Efficiency of BOD Removal to COD Removal*



(Sumber: Götzenberger, 2009)

- % removal BOD = CODremoval x faktor
 $= 0,475 \times 1,06$
 $= 0,5035 = 50,35 \%$
- Effluent COD = $(100\% - 47,5\%) \times \text{Influent COD}$
 $= 52,5\% \times 95,23 \text{ mg/L}$
 $= 50 \text{ mg/L}$ (memenuhi baku mutu)
- Effluent BOD = $(100\% - 50,35\%) \times \text{Influent BOD}$
 $= 49,65\% \times 42,94 \text{ mg/L}$
 $= 21,32 \text{ mg/L}$ (memenuhi baku mutu)
- Effluent TSS = $(100\% - 40\%) \times \text{Influent BOD}$
 $= 60\% \times 30 \text{ mg/L}$
 $= 18 \text{ mg/L}$ (memenuhi baku mutu)

Mass Balance Effluent setelah melewati AF

➤ BOD

Konsentrasi teremoval = $49,65\% \times 42,94 \text{ mg/L} = 21,62 \text{ mg/L}$

Konsentrasi outlet = $(100\% - 49,65\%) \times 42,94 \text{ mg/L}$
 $= 21,32 \text{ mg/L}$

Massa teremoval = $49,65\% \times 21,15 \text{ kg/hari} = 10,5 \text{ kg/hari}$

Massa outlet = $21,15 \text{ kg/hari} - 10,5 \text{ kg/hari}$
 $= 10,65 \text{ kg/hari}$

➤ TSS

Konsentrasi teremoval = $40\% \times 30 \text{ mg/L} = 12 \text{ mg/L}$

Konsentrasi outlet = $(100\% - 40\%) \times 30 \text{ mg/L} = 18 \text{ mg/L}$

Massa teremoval = $40\% \times 14,78 \text{ kg/hari} = 5,91 \text{ kg/hari}$

Massa outlet = $14,78 \text{ kg/hari} - 5,91 \text{ kg/hari}$
 $= 8,88 \text{ kg/hari}$

➤ COD

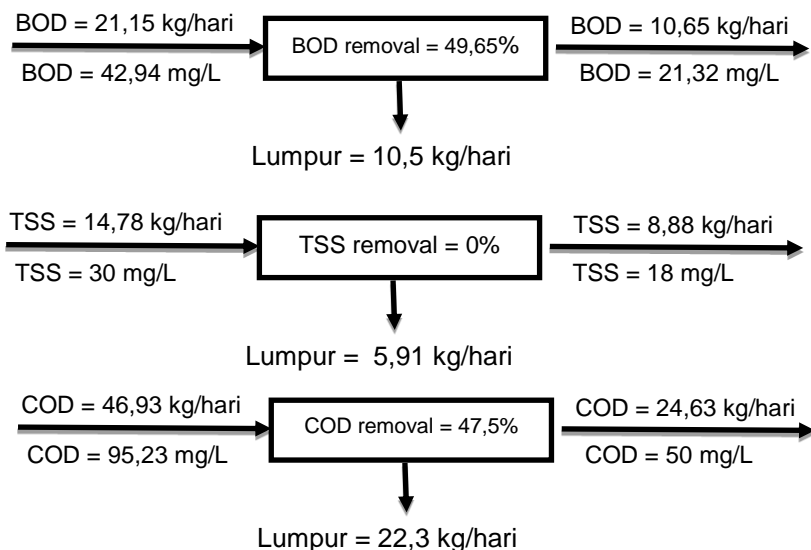
Konsentrasi teremoval = $47,5\% \times 95,23 \text{ mg/L} = 45,23 \text{ mg/L}$

Konsentrasi outlet = $(100\% - 47,5\%) \times 95,23 \text{ mg/L}$
= 50 mg/L

Massa teremoval = $47,5\% \times 46,93 \text{ kg/hari} = 22,3 \text{ kg/hari}$

Massa outlet = $46,93 \text{ kg/hari} - 22,3 \text{ kg/hari}$
= $24,63 \text{ kg/hari}$

Berikut merupakan *mass balance* BOD, TSS dan COD setelah melewati AF



Gambar 7. 16 Mass Balance BOD, TSS dan COD Setelah Melawati AF

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan unit AF didapatkan hasil $21,32 \text{ mg/L}$ (BOD) dan 50 mg/L (COD), effluent yang didapat sudah sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 30 mg/L (BOD) dan 50 mg/L (COD), sehingga aman untuk dilepaskan ke badan air. Berdasarkan perhitungan Instalasi Pengolahan Air Limbah yang menggunakan kombinasi

ABR dan AF didapatkan hasil effluent yang telah memenuhi baku mutu kecuali untuk parameter NH_3 . Hasil effluent sebagai berikut :

Tabel 7. 13 Efisiensi Pengolahan dengan AF Cluster II

Parameter	Influen (mg/L)	Effluen (mg/L)	Baku Mutu	Keterangan
TSS	30	18	30	Memenuhi
COD	95,23	50	50	Memenuhi
BOD	42,94	21,32	30	Memenuhi
Minyak & Lemak	1,5	1,5	5	Memenuhi
NH_3	13,31	13,31	10	Tidak Memenuhi

- Dimensi Total AF

Free board = 0,3 m

Tebal dinding = 0,15 m

Panjang total ABR = (panjang per kompartemen x jumlah kompartemen + (tebal dinding x 2))
 = (4,32 m x 1) + (0,15 m x 2)
 = 4,62 m

Lebar ABR = Lebar ABR desain + (2 x tebal dinding)
 = 3,3 m + (2 x 0,15) m
 = 3,6 m

Tinggi ABR = Kedalaman bak + freeboard + plat bawah + plat atas
 = (3 m + 1,4 m) + 0,3 m + (2 x 0,15 m)
 = 5 m

- Menghitung Headloss

Headloss dihitung dengan menggunakan rumus Rose, direncanakan:

Tebal media = Tinggi media = 2,8 m = 280 cm

Diameter media (d) = 2 cm

Factor bentuk (ψ) = 0,82

Porositas media = 0,42

Temperature air (T) = 25°C

Densitas (ρ) = 0.09907 gr/cm³

$\mu = 0.8949 \times 10^{-3} \text{ N.det/m}^2 = 0,8949 \times 10^{-2} \text{ gr/cm.detik}$
 Kecepatan = 0,6 m/jam = 60 cm/jam

- $Nre = (\psi \times \rho \times d \times v_a) / \mu$

$$= \frac{0,82 \times 0,99707 \times 2 \times \frac{61}{3600}}{0,008949} = 3,1 \text{ (transisi)}$$
- $C_D = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0,34$

$$C_D = \frac{24}{3,1} + \frac{3}{\sqrt{3,1}} + 0,34$$

$$= 9,786$$
- Headloss = $1,067 \frac{C_D L V a^2}{\psi d s^4 g}$

$$= \frac{1,067 \times 9,786 \times 2,75 \times \frac{0,61^2}{3600}}{0,82 \times 0,02 \times (0,42)^4 \times 9,81}$$

$$= 0,000155 \text{ m}$$

$$= 0,0155 \text{ cm}$$

7.9 Desinfeksi

Desinfeksi adalah memusnahkan mikro-organisme yang dapat menimbulkan penyakit. Desinfeksi merupakan benteng manusia terhadap paparan mikro-organisme patogen penyebab penyakit, termasuk di dalamnya virus, bakteri dan protozoa parasite. Adapun desinfeksi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah klorinasi menggunakan zat klor.

Klor merupakan bahan yang paling umum digunakan sebagai disinfektan karena efektif pada konsentrasi rendah, murah dan membentuk sisa klor jika diterapkan pada dosis yang mencukupi. Beberapa faktor penting yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi dengan klor adalah:

- Kekuatan dari disinfektan
- Konsentrasi dari disinfektan
- Temperatur
- Pengadukan
- Reaksi breakpoint
- Waktu kontak
- Karakteristik air
- Karakteristik mikroorganisme
- pH

Dosis klor adalah jumlah klor yang ditambahkan pada air untuk menghasilkan residu spesifik pada akhir waktu kontak. Hasil sisa (residu) adalah dosis dikurangi kebutuhan klor yang digunakan oleh komponen dan materi organik yang ada dalam air. Dosis klor yang dibutuhkan pada proses pengolahan ditentukan dengan uji laboratorium atau *pilot plant*. Dosis klor dapat bervariasi tergantung pada kualitas air, temperatur dan kondisi iklim yang lain. Berikut ini beberapa jenis desinfektan yang digunakan yaitu :

- 1) gas klor (Cl_2), kandungan klor aktif minimal 99%;
- 2) kaporit atau kalsium hipoklorit (CaOCl_2) \times H_2O kandungan klor aktif (60 — 70) %;
- 3) sodium hipoklorit (NaOCl), kandungan klor aktif 15%; (SNI 6774, 2008)

Berikut merupakan kelebihan dan kekurangan dari penggunaan klor sebagai desinfektan:

Keunggulan:

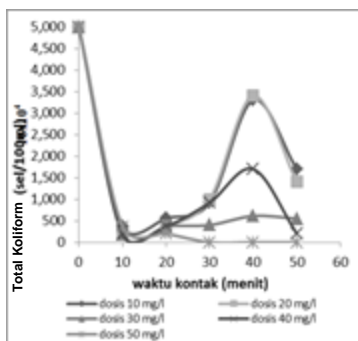
- Teknologi desinfeksi yang sudah dikenal luas dan klorin merupakan desinfektan yang efektif
- Memiliki sisa klor yang dapat dipantau dan diatur kadarnya (sisa klor dapat dijaga pada perpipaan yang panjang)
- Dapat mengoksidasi sulfida
- Unit klorinasi dapat digunakan untuk keperluan lainnya seperti pengendalian bau maupun desinfeksi pada sistem pengolahan air bersih
- Relatif murah
- Tersedia dalam bentuk kalsium dan sodium hipoklorit (sebagai alternatif dari penggunaan gas klor)

Kekurangan:

- Menggunakan zat kimia yang dapat membahayakan operator dan masyarakat sekitar sehingga perlu standard safety yang tinggi
- Memerlukan waktu kontak yang relatif lebih lama dibandingkan dengan desinfektan lainnya
- Perlu adanya deklorinasi untuk menurunkan toksisitas efluen terolah
- Berpotensi untuk terbentuknya trihalometan dan DBP (disinfectant by products)
- Adanya pembentukan VOC (volatile organic compounds) di tangki kontak

- Dapat mengoksidasi besi, magnesium, zat organik, maupun anorganik sehingga desinfektan terkonsumsi
- Meningkatkan level TDS pada efluen
- Meningkatkan kandungan klorida
- Menyebabkan air limbah menjadi asam jika alkalinitas tidak memadai

Menurut Komala dan Ajeng (2014) dari hasil pengujian efektifitas penurunan Total Koliform dengan penambahan kaporit dengan memvariasikan waktu kontak dan dosisi kaporit, berikut merupakan diagram hasil pengujian waktu kontak optimum dan tabel variasi dosis:



Gambar 7. 17 Diagram efisiensi penurunan Total Koliform dengan variasi waktu kontak dengan td
(Sumber: Komala dan Ajeng, 2014)

Tabel 7. 14 Penurunan Total Koliform dengan Waktu Kontak 10 menit

Dosis	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Effluen	Persen Removal
10 mg/L	$1,6 \times 10^5$ MPN/100 mL	$3,7 \times 10^2$ MPN/100 mL	99,82 %
20 mg/L	$1,6 \times 10^5$ MPN/100 mL	$1,9 \times 10^2$ MPN/100 mL	99,89%
30 mg/L	$1,6 \times 10^5$ MPN/100 mL	$1,8 \times 10^2$ MPN/100 mL	99,99%
40 mg/L	$1,6 \times 10^5$ MPN/100 mL	$1,9 \times 10^2$ MPN/100 mL	99,89%

Dosis	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Effluen	Persen Removal
50 mg/L	$1,6 \times 10^5$ MPN/100 mL	$3,6 \times 10^2$ MPN/100 mL	99,85%

Sumber: Komala dan Ajeng, 2014

Maka dari hasil tersebut didapatkan dosis optimum sebesar 30 mg/L dan waktu kontak optimum selama 10 menit. Selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan kaporit, dimensi bak penyeduh kaporit dan bak pembubuh kaporit pada kedua *cluster*. Berikut merupakan perhitungannya:

7.9.1 Desinfeksi *Cluster I*

- **Perhitungan Kaporit yang Dibutuhkan pada *Cluster I***

Diketahui:

Dosis klor yang dibutuhkan = 30 mg/L

$Q = 0,07 \text{ m}^3 / \text{detik} = 6031,88 \text{ m}^3/\text{hari}$

Kebutuhan kaporit = $Q \times \text{Kadar pembubuhan}$
 $= 6031,88 \text{ m}^3/\text{hari} \times 30 \text{ mg/L} \times 10^{-6} \text{ kg/mg}$
 $\times 1000 \text{ L/m}^3$
 $= 181 \text{ kg} / \text{hari}$

Kebutuhan kaporit kadar 70% = $181 \text{ kg/hari} / 70\%$
 $= 258,5 \text{ kg/hari}$

Volume kaporit = kebutuhan kaporit / p kaporit
 $= 258,5 \text{ kg/hari} / 2,35 \text{ kg/L}$
 $= 0,11 \text{ m}^3/\text{hari}$

Volume Air Pelarut = kebutuhan kaporit / kelarutan kaporit
 $= 258,5 \text{ kg/hari} / 210 \text{ g/L}$
 $= 1231 \text{ L/hari}$
 $= 1,231 \text{ m}^3/\text{hari}$

Volume larutan total = volume kaporit + volume air pelarut
 $= 0,11 \text{ m}^3/\text{hari} + 1,231 \text{ m}^3/\text{hari}$
 $= 1,341 \text{ m}^3/\text{hari}$

Debit kaporit = $1,341 \text{ m}^3 / \text{hari} / 86400 \text{ detik}$
 $= 0,000155 \text{ m}^3/\text{detik}$
 $= 0,0155 \text{ L/dtk}$

• **Perhitungan Dimensi Bak Penyeduh Kaporit pada Cluster I**

Direncanakan :

- Periode pelarutan kaporit = 2 hari
- Dimensi P : L = 1 : 1
- Tinggi bak = 0,75 m

Perhitungan :

- Volume bak = volume larutan total x frekuensi pelarutan
= $1,341 \text{ m}^3/\text{hari} \times 3 \text{ hari} = 2,7 \text{ m}^3$
- Dimensi bak
Luas (A) = Volume/h
= $2,7 \text{ m}^3 / 0,75 \text{ m} = 3,6 \text{ m}^2$
Luas (A) = P x L
L (lebar) = 1,9 m
Panjang (P) = lebar = 1,9 m
Tinggi bak (h) = 0,75 + 0,25 = 1 m

• **Perhitungan Dimensi Bak Pembubuh Kaporit pada Cluster I**

Volume bak = volume larutan total x frekuensi penampungan
= $0,9 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1 \text{ hari}$
= $0,9 \text{ m}^3 = 900 \text{ L}$

Pada bak pembubuh kaporit ini digunakan profil tank yang memiliki volume 900 L dan diletakkan diatas inlet dari bak kontak yang nantinya pada bagian bawah profil tank tersebut dilubangi dengan diameter yang sesuai agar debit kaporit yang mengalir sesuai dengan hasil perhitungan, selain itu profil tank dilengkapi dengan saringan pada bagian atasnya agar lubang yang telah dibuat tidak tersumbat. Berikut merupakan perhitungan dimensi lubang pada profil tank:

Diketahui : Q kaporit = $0,0000155 \text{ m}^3/\text{detik}$
V rencana = $0,6 \text{ m}^3/\text{detik}$

Perhitungan :

$$Q = v \text{ asumsi} \times A$$

$$A = \frac{Q}{v \text{ rencana}} = \frac{0,0000155}{0,6} = 0,0000258 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0000258}{3,14}} = 0,0057 \text{ m} = 0,57 \text{ cm}$$

Bak Kontak *Cluster I*

Bak kontak merupakan bak yang digunakan untuk mereaksikan kaporit dengan effluen air limbah dari AF sehingga terjadi reaksi dimana diharapkan terjadi reduksi Total Koliform agar memenuhi baku mutu. Selain itu menurut Ulliaju dkk 2016, penambahan kaporit dalam air limbah selain dapat mereduksi total koliform juga dapat mereduksi kadar ammonia dalam air limbah. Peletakkan bak kontak diletakkan 0,5 m dibawah pipa effluen dari AF sehingga terjadi pengadukan secara hidrolis. Berikut merupakan perhitungan bak kontak tiap *cluster*

- **Perhitungan dimensi bak kontak *cluster I***

$$\begin{aligned}\text{Diketahui } Q &= 0,07 \text{ m}^3 / \text{detik} = 6031,88 \text{ m}^3/\text{hari} \\ T_d &= 10 \text{ menit} = 600 \text{ detik} \\ \text{Kedalaman bak} &= 1 \text{ m}\end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned}\text{Volume bak kontak} &= Q \times t_d \\ &= 0,07 \text{ m}^3/\text{detik} \times 600 \text{ detik} \\ &= 42 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas Bak} &= \text{Volume} / \text{kedalaman} \\ &= 42 \text{ m}^3 / 1 \text{ m} \\ &= 42 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$P : L = 2 : 1$$

$$P = 2 L$$

$$A = P \times L$$

$$42 \text{ m}^2 = 2 L \times L$$

$$42 \text{ m}^2 = 2L^2$$

$$L = 4,6 \text{ m}$$

$$P = 2L$$

$$P = 2 \times 4,6 \text{ m}$$

$$P = 9,2 \text{ m}$$

Dimensi Bak Kontak *Cluster I*

$$\text{Panjang total + dinding plat} = 9,2 \text{ m} + (2 \times 0,15) \text{ m} = 9,5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar total + dinding plat} = 4,6 \text{ m} + (2 \times 0,15) \text{ m} = 4,9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Kedalaman total} &= \text{Kedalaman bak} + \text{freeboard} + \\ &\quad \text{plat bawah} \\ &= 1 \text{ m} + 0,25 \text{ m} + 0,15 \text{ m} \\ &= 1,4 \text{ m}\end{aligned}$$

Kualitas Effluen Air Limbah pada *Cluster I*

$$\begin{aligned}\text{Effluent total koliform} &= (100\% - 99,99\%) \times \text{Konsentrasi total} \\ &\quad \text{koliform influen} \\ &= 0,01\% \times 16 \times 10^8 \text{ MPN/100mL} \\ &= 1600 \text{ MPN/100mL (memenuhi baku mutu)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Effluent NH}_3 &= [\text{NH}_3] - \frac{\text{Dosis kaporit}}{\text{Debit} \times \text{rasio massa klorin:amonia}} \\ &= 13,31 \text{ mg/L} - \frac{181 \text{ kg/hari}}{6031,88 \text{ m}^3/\text{hari} \times 9} \\ &= 9,98 \text{ mg/L (memenuhi baku mutu)}\end{aligned}$$

Tabel 7. 15 Kualitas Effluent Air Limbah *Cluster I*

Parameter	Influen (mg/L)	Effluen (mg/L)	Baku Mutu	Keterangan
TSS	30	18	30	Memenuhi
COD	50	50	50	Memenuhi
BOD	20,6	20,6	30	Memenuhi
Minyak & Lemak	1,5	1,5	5	Memenuhi
NH ₃	13,31	9,98	10	Memenuhi
Total Koliform	16×10^8	1600	3000	Memenuhi

Dengan mengacu pada baku mutu Permen LHK No. 68 tahun 2016 dan Pergub Jatim no.72 tahun 2013, effluen dari IPAL dengan parameter TSS, BOD, COD, NH₃, Minyak & lemak dan total koliform sudah memenuhi baku mutu.

7.9.2 Desinfeksi *Cluster II*

- **Perhitungan Kaporit yang Dibutuhkan pada *Cluster II***

Diketahui:

Dosis klor yang dibutuhkan = 30 mg/L

$Q = 985,4 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,0114 \text{ m}^3/\text{detik}$

$\begin{aligned}\text{Kebutuhan kaporit} &= Q \times \text{Kadar pembubuhan} \\ &= 985,4 \text{ m}^3/\text{hari} \times 30 \text{ mg/L} \times 10^{-6} \text{ kg/mg} \\ &\quad \times 1000 \text{ L/m}^3 \\ &= 29,56 \text{ kg / hari}\end{aligned}$

Kebutuhan kaporit kadar 70%	= 29,56 kg/hari / 70%
	= 42,23 kg/hari
Volume kaporit	= kebutuhan kaporit / ρ kaporit
	= 42,23 kg/hari / 2,35 kg/L
	= 0,018 m ³ /hari
Volume Air Pelarut	= kebutuhan kaporit / kelarutan kaporit
	= 42,23 kg/hari / 210 g/L
	= 201,1 L/hari
	= 0,201 m ³ /hari
Volume larutan total	= volume kaporit + volume air pelarut
	= 0,018 m ³ /hari + 0,201 m ³ /hari
	= 0,22 m ³ /hari
Debit kaporit	= 0,22 m ³ / hari/ 86400 detik
	= 0,0000255 m ³ /detik
	= 0,00255 L/dtk

• **Perhitungan Dimensi Bak Penyeduh Kaporit pada *Cluster II***

Direncanakan :

- Periode pelarutan kaporit = 2 hari
- Dimensi P : L = 1 : 1
- Tinggi bak = 0,5 m

Perhitungan :

- Volume bak = volume larutan total x frekuensi pelarutan
= 0,22 m³/hari x 2 hari = 0,44 m³
- Dimensi bak
 - Luas (A) = Volume/h
= 0,44 m³/0,5 m = 0,88 m²
 - Luas (A) = P x L
 - L (lebar) = 0,95 m \approx 1 m
 - Panjang (P) = lebar = 1 m
 - Tinggi bak (h) = 0,5 + 0,3 = 0,8 m

• **Perhitungan Dimensi Bak Pembubuh Kaporit pada *Cluster II***

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak} &= \text{volume larutan total} \times \text{frekuensi penampungan} \\
 &= 0,22 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2 \text{ hari} \\
 &= 0,44 \text{ m}^3 = 440 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Pada bak pembubuh kaporit ini digunakan profil tank yang memiliki volume 450 L dan diletakkan diatas inlet dari bak kontak yang nantinya pada bagian bawah profil tank tersebut dilubangi dengan diameter yang sesuai agar debit kaporit yang mengalir sesuai dengan hasil perhitungan, selain itu profil tank dilengkapi dengan saringan pada bagian atasnya agar lubang yang telah dibuat tidak tersumbat. Berikut merupakan perhitungan dimensi lubang pada profil tank:

Diketahui : Q kaporit = 0,00000255 m³/detik

V rencana= 0,6 m/detik

Perhitungan :

$$Q = v \text{ asumsi} \times A$$

$$A = \frac{Q}{v \text{ rencana}} = \frac{0,00000255}{0,6} = 0,00000425 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,00000425}{3,14}} = 0,0023 \text{ m} = 0,23 \text{ cm}$$

Bak Kontak *Cluster II*

Bak kontak merupakan bak yang digunakan untuk mereaksikan kaporit dengan effluen air limbah dari AF sehingga terjadi reaksi dimana diharapkan terjadi reduksi Total Koliform agar memenuhi baku mutu. Selain itu menurut, Ulliaju, dkk (2016) penambahan kaporit dalam air limbah selain dapat mereduksi total koliform juga dapat mereduksi kadar ammonia dalam air limbah. Peletakkan bak kontak diletakkan 0,5 m dibawah pipa effluen dari AF sehingga terjadi pengadukan secara hidrolis. Berikut merupakan perhitungan bak kontak tiap *cluster*

- Perhitungan dimensi bak kontak *cluster II***

Diketahui = Q = 985,4 m³/hari = 0,0114 m³/detik

Td = 10 menit = 600 detik

Kedalaman bak = 1 m

Perhitungan:

Volume bak kontak = Q x td

= 0,0114 m³/detik x 600 detik

= 6,84 m³

Luas Bak = Volume / kedalaman

= 6,84 m³ / 1 m

$$\begin{aligned}
 &= 6,84 \text{ m}^2 \\
 P : L &= 2 : 1 \\
 P &= 2 \text{ L} \\
 A &= P \times L \\
 6,84 \text{ m}^2 &= 2 \text{ L} \times L \\
 6,84 \text{ m}^2 &= 2L^2 \\
 L &= 1,85 \text{ m} \\
 P &= 2L \\
 P &= 2 \times 1,85 \text{ m} \\
 P &= 3,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimensi Bak Kontak *Cluster II*

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang total + dinding plat} &= 3,7 \text{ m} + (2 \times 0,15) \text{ m} = 4 \text{ m} \\
 \text{Lebar total + dinding plat} &= 1,85 \text{ m} + (2 \times 0,15) \text{ m} = 2,05 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman total} &= \text{Kedalaman bak + freeboard +} \\
 &\quad \text{plat bawah} \\
 &= 1 \text{ m} + 0,25 \text{ m} + 0,15 \text{ m} \\
 &= 1,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kualitas Effluen Air Limbah pada *Cluster II*

$$\begin{aligned}
 \text{Effluent total koliform} &= (100\% - 99,99\%) \times \text{Konsentrasi total} \\
 &\quad \text{koliform influen} \\
 &= 0,01\% \times 16 \times 10^8 \text{ MPN/100mL} \\
 &= 1600 \text{ (memenuhi baku mutu)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Effluent NH}_3 &= [\text{NH}_3] - \frac{\text{Dosis kaporit}}{\text{Debit} \times \text{rasio massa klorin:amonia}} \\
 &= 13,31 \text{ mg/L} - \frac{29,56 \text{ kg/hari}}{985,4 \text{ m}^3/\text{hari} \times 9} \\
 &= 9,98 \text{ mg/L (memenuhi baku mutu)}
 \end{aligned}$$

Tabel 7. 16 Kualitas *Effluent* Air Limbah *Cluster II*

Parameter	Influen (mg/L)	Effluen (mg/L)	Baku Mutu	Keterangan
TSS	30	18	30	Memenuhi
COD	50	50	50	Memenuhi
BOD	21,32	21,32	30	Memenuhi
Minyak & Lemak	1,5	1,5	5	Memenuhi
NH ₃	13,31	9,98	10	Memenuhi
Total Koliform	16 x 10 ⁸	1600	3000	Memenuhi

Dengan mengacu pada baku mutu Permen LHK No. 68 tahun 2016 dan Pergub Jatim no.72 tahun 2013, effluen dari IPAL dengan parameter TSS, BOD, COD, NH₃, Minyak & lemak dan total koliform sudah memenuhi baku mutu.

7.10 Luas IPAL

Perhitungan luas IPAL yaitu dengan menambahkan lus masing-masing unit IPAL dengan ditambahkan 20% dari luas tersebut untuk area operasionalnya. Berikut merupakan perhitungan luas IPAL

Cluster I

$$\begin{aligned}
 \text{Luas IPAL} &= \text{Sumur Pengumpul} + \text{Bak Distribusi} + \text{ABR \& AF} + \\
 &\quad + \text{Bak Penyeduh} + \text{Bak Kontak} \\
 &= 127,7 + 4,4 + 1081 + 4 + 42,32 \\
 &= 1259,42 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas IPAL Total} &= 1259,42 \text{ m}^2 + (20\% \times 1259,42 \text{ m}^2) \\
 &= 1511,3 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Cluster II

$$\begin{aligned}
 \text{Luas IPAL} &= \text{Sumur Pengumpul} + \text{Bak Distribusi} + \text{ABR \& AF} + \\
 &\quad + \text{Bak Penyeduh} + \text{Bak Kontak} \\
 &= 30,25 + 1,4 + 201,3 + 1 + 6,85 \\
 &= 239,8 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas IPAL Total} &= 239,8 \text{ m}^2 + (20\% \times 239,8 \text{ m}^2) \\
 &= 287,76 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

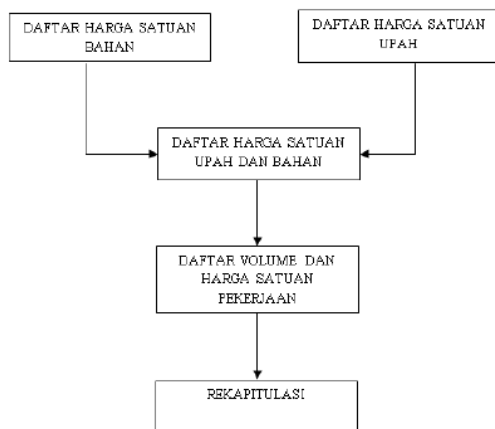
BAB 8

BILL OF QUANTITY (BOQ) DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

Bill Of Quantity (BOQ) merupakan perhitungan suatu bahan atau bangunan untuk mengetahui jumlah atau volume yang dibutuhkan dalam perancangan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL) dan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perhitungan suatu bahan atau bangunan untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) setelah diketahui BOQ. Dalam aplikasinya di lapangan Rencana Anggaran Biaya merupakan alat untuk mengendalikan jumlah biaya penyelesaian pekerjaan secara berurutan sesuai dengan yang telah direncanakan. RAB merupakan perkiraan yang dibuat sebelum pelaksanaan suatu proyek fisik dimulai dibuat oleh pemilik (*owner*), konsultan teknik dan perencana kontraktor. Tujuan pembuatan RAB adalah:

1. Agar biaya pembangunan yang dibutuhkan dapat diketahui sebelumnya.
2. Untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya kemacetan dalam proses pembangunan.
3. Untuk mencegah terjadinya pemborosan dalam penggunaan sumber daya anggaran biaya.

Dalam menyusun RAB setidaknya secara sederhana dapat dipilah menjadi dua langkah, yakni tahap persiapan dan tahap penyusunan RAB itu sendiri. Hal tersebut dikarenakan bahwa dalam penyusunan RAB ada dua faktor utama yang senantiasa dipadukan yakni faktor pengalaman dan faktor analisis biaya konstruksi (meliputi upah, tenaga kerja dan bahan) secara ringkas proses penyusunan anggaran dapat dilihat di bawah ini:



Gambar 8. 1 Tahap Penyusunan RAB

Rencana Anggaran Biaya pelaksanaan proyek dibuat berdasarkan rencana anggaran penawaran yang digunakan sebagai patokan biaya penyelesaian proyek yang harus diikuti oleh setiap unit yang dalam kendali seorang manajer proyek. Sebagai penetapan harga dalam suatu pelelangan ada 2 estimasi, yaitu:

1. Estimasi perencanaan (*Engineer's Estimate* atau *EE*)
2. Estimasi pemilik (*Owner's Estimate* atau *OE*)

8.1 BOQ SPAL

Bill Of Quantity (BOQ) merupakan perhitungan suatu bahan atau bangunan untuk mengetahui jumlah atau volume yang dibutuhkan dalam perancangan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL) Perancangan tersebut meliputi perpipaian, galian dan urugan pipa, bangunan pelengkap.

8.1.1 BOQ Perpipaian

Dalam perencanaan ini digunakan pipa PVC, data masing masing diameter dan panjang pipa diketahui dari perhitungan dimensi pipa. Setiap batang pipa PVC sepanjang 6 m. Berikut ini adalah perincian jumlah pipa yang dibutuhkan yang disajikan pada Tabel 8.1

Tabel 8. 1 Panjang Pipa Tiap Jalur Cluster I

Pipa	D apply	L pipa	L pipa per batang	Jumlah Pipa
	mm	m	m	buah
A1 - A4	110	98,1715	4	25
A2 - A6	110	105,8775	4	27
A3 - A4	110	55,508	4	14
A5 - A6	110	71,5294	4	18
A6 - A8	110	28,2558	4	8
A7 - A8	110	96,5265	4	25
A8 - A11	110	40,7618	4	11
A10 - A11	110	60,516	4	16
A11 - A13	110	38,9144	4	10
A12 - A13	110	54,1006	4	14
A9 - A14	110	362,0567	4	91
A13 - A14	125	255,1028	6	43
A14 - A40	125	77,4795	6	13
A4 - A39	125	427,994	6	72
A15 - A38	110	472,7283	4	119
A16 - A37	110	464,5428	4	117
A17 - A36	110	451,6052	4	113
A18 - A35	110	425,7386	4	107
A19 - A23	110	84,6069	4	22
A20 - A22	110	76,4598	4	20
A21 - A22	110	111,2347	4	28
A22 - A23	110	33,3013	4	9
A23 - A25	110	38,6607	4	10
A24 - A25	110	97,112	4	25
A25 - A27	110	39,0493	4	10

Pipa	D apply	L pipa	L pipa per batang	Jumlah Pipa
	mm	m	m	buah
A26 - A27	110	96,1258	4	25
A27 - A29	125	42,6772	6	8
A28 - A29	110	101,1693	4	26
A29 - A34	125	198,5626	6	34
A30 - A33	110	184,4451	4	47
A31 - A32	110	184,2124	4	47
A32 - A33	110	30,0374	4	8
A33 - A34	110	26,737	4	7
A34 - A35	200	49,5724	6	9
A35 - A36	200	42,3998	6	8
A36 - A37	200	30,0268	6	6
A37 - A38	300	28,8148	6	5
A38 - A39	200	33,9325	6	6
A39 - A40	200	1,7197	6	1
A40 - H34	200	404,511	6	68
B1 - B3	110	63,685	4	16
B2 - B3	110	89,4738	4	23
B3 - B5	110	32,0808	4	9
B4 - B5	110	87,8288	4	22
B5 - B7	110	35,3867	4	9
B6 - B7	110	84,776	4	22
B7 - B8	110	248,8997	4	63
B9 - B19	110	120,1119	4	31
B10 - B14	110	150,9231	4	38
B11 - B13	110	172,6158	4	44
B12 - B13	110	65,5719	4	17

Pipa	D apply	L pipa	L pipa per batang	Jumlah Pipa
	mm	m	m	buah
B13 - B14	110	68,7773	4	18
B14 - B15	125	43,5229	6	8
B8 - B15	125	35,9057	6	6
B15 - E18	200	48,6764	6	9
B16 - B18	110	34,8506	4	9
B17 - B18	110	72,759	4	19
B' - B"	110	84,4034	4	22
B18 - B"	110	106,5337	4	27
B" - B19	110	80,2314	4	21
B20 - B21	110	181,0131	4	46
B19 - B21	110	20,3908	4	6
B22 - B23	110	226,8939	4	57
B21 - B23	110	49,1403	4	13
B24 - B25	110	256,7179	4	65
B23 - B25	200	50,6967	6	9
B25 - B31	110	13,619	4	4
B26 - B30	110	216,2245	4	55
B27 - B29	110	171,1056	4	43
B28 - B29	110	231,0145	4	58
B29 - B30	110	57,9477	4	15
B30 - B31	110	72,6581	4	19
B31 - E18	200	128,6105	6	22
E1 - E2	110	47,21	4	12
E3 - E4	110	88,5214	4	23
E2 - E4	110	18,695	4	5
E4 - E6	110	74,2384	4	19

Pipa	D apply	L pipa	L pipa per batang	Jumlah Pipa
	mm	m	m	buah
E5 - E6	110	141,3144	4	36
E6 - E8	200	125,3148	6	21
E7 - E8	110	89,8339	4	23
E9 - E13	110	46,3348	4	12
E10 - E12	110	59,27	4	15
E11 - E12	110	57,9575	4	15
E12 - E13	110	22,3315	4	6
E13 - E14	110	63,6707	4	16
E8 - E14	125	51,6189	6	9
E15 - E17	110	109,448	4	28
E16 - E17	110	69,9873	4	18
E17 - E19	110	36,5891	4	10
E18 - E19	250	79,1326	6	14
E19 - E20	300	38,449	6	7
E14 - E20	200	80,4299	6	14
E21 - E22	110	216,0678	4	55
E20 - E22	300	70,945	6	12
E22 - E24	355	35,0033	6	6
E23 - E24	110	104,8231	4	27
E24 - E26	355	60,7825	6	11
E25 - E26	110	86,8296	4	22
E26 - E28	355	37,4466	6	7
E27 - E28	110	96,7242	4	25
E28 - E30	200	33,6783	6	6
E29 - E30	110	229,7757	4	58
E30 - E32	250	31,3328	6	6

Pipa	D apply	L pipa	L pipa per batang	Jumlah Pipa
	mm	m	m	buah
E31 - E32	110	209,2763	4	53
E33 - E34	110	197,8282	4	50
E32 - E34	250	29,6917	6	5
E34 - E36	400	61,1698	6	11
E35 - E36	110	99,7084	4	25
E36 - E38	300	60,4995	6	11
E37 - E38	110	155,3079	4	39
E39 - E41	110	121,1944	4	31
E40 - E41	110	139,4565	4	35
E38 - E42	300	35,8472	6	6
E41 - E42	110	41,9793	4	11
E42 - F3	355	274,4825	6	46
F1 - F'	110	31,1303	4	8
F2 - F'	110	56,3048	4	15
F' - F3	110	38,0727	4	10
F4 - F5	110	54,5248	4	14
F3 - F5	355	104,1595	6	18
F6 - F8	110	306,6204	4	77
F7 - F8	110	266,8123	4	67
F8 - F10	125	49,0933	6	9
F9 - F10	110	190,5064	4	48
F10 - F12	200	41,5006	6	7
F11 - F12	110	110,3824	4	28
F12 - F18	140	101,8468	6	17
F13 - F15	110	135,651	4	34
F14 - F15	110	110,3957	4	28

Pipa	D apply	L pipa	L pipa per batang	Jumlah Pipa
	mm	m	m	buah
F16 - F17	125	296,5923	6	50
F15 - F17	125	263,3782	6	44
F17 - F18	200	19,4252	6	4
F19 - F20	110	311,6442	4	78
F18 - F20	200	49,9098	6	9
F21 - F22	110	253,9906	4	64
F20 - F22	200	30,2343	6	6
F22 - F23	200	120,3956	6	21
F5 - F23	300	223,2774	6	38
F24 - F25	110	86,4823	4	22
F23 - F25	355	107,8123	6	18
F26 - F27	110	80,7887	4	21
F25 - F27	400	95,2624	6	16
F28 - F29	110	86,8246	4	22
F27 - F29	475	34,513	6	6
F29 - F31	475	155,2561	6	26
F30 - F31	110	238,1529	4	60
F32 - F34	110	107,636	4	27
F33 - F34	110	55,4676	4	14
F34 - F36	110	63,4137	4	16
F35 - F36	110	110,4559	4	28
F36 - F42	110	29,8104	4	8
F37 - F39	110	61,4458	4	16
F38 - F39	110	58,8934	4	15
F39 - F41	110	38,1667	4	10
F40 - F41	110	54,2145	4	14

Pipa	D apply	L pipa	L pipa per batang	Jumlah Pipa
	mm	m	m	buah
F41- F42	110	38,1422	4	10
F42 - F43	110	86,2531	4	22
F31 - F43	475	39,4451	6	7
F43 - F46	300	135,653	6	23
F45 - F46	110	50,0371	4	13
F46 - F48	250	27,4456	6	5
F44 - F48	110	174,9709	4	44
F48 - F50	300	29,5171	6	5
F49 - F50	110	153,8367	4	39
F50 - F52	355	34,1798	6	6
F51 - F52	110	44,1843	4	12
F52 - F59	300	28,0103	6	5
F58 - F59	110	66,1024	4	17
F59 - G15	375	87,8803	6	15
F53 - F55	110	62,3993	4	16
F54 - F55	110	118,7026	4	30
F56 - F57	110	120,0723	4	31
F55 - F57	110	23,2828	4	6
F57 - H40	110	238,3064	4	60
G1 - G3	110	103,6904	4	26
G2 - G3	110	22,6814	4	6
G3 - G5	110	31,2444	4	8
G4 - G5	110	54,6395	4	14
G5 - G7	110	38,7198	4	10
G6 - G7	110	54,0703	4	14
G8 - G10	110	48,7811	4	13

Pipa	D apply	L pipa	L pipa per batang	Jumlah Pipa
	mm	m	m	buah
G9 - G10	110	46,8834	4	12
G10 - G12	110	21,3005	4	6
G11 - G12	110	51,0214	4	13
G7 - G12	110	58,003	4	15
G12 - G14	110	37,5907	4	10
G13 - G14	110	132,2117	4	34
G14 - G15	200	61,6148	6	11
G15 - H40	400	41,8701	6	7
G16 - G17	110	134,7653	4	34
G17 - G19	110	57,4037	4	15
G18 - G19	110	139,4841	4	35
G19 - G21	110	60,2317	4	16
G20 - G21	110	135,4215	4	34
G21 - G23	110	60,9531	4	16
G22 - G23	110	135,4501	4	34
G23 - G25	110	34,4558	4	9
G24 - G25	110	249,7299	4	63
G25 - G27	110	23,8477	4	6
G26 - G27	110	137,8455	4	35
G27 - G29	110	56,1252	4	15
G30 - G31	110	440,2028	4	111
G29 - G31	110	51,943	4	13
G28 - G29	110	137,2194	4	35
G31 - G35	125	56,0891	6	10
G32 - G34	110	94,5236	4	24
G33 - G34	110	45,3336	4	12

Pipa	D apply	L pipa	L pipa per batang	Jumlah Pipa
	mm	m	m	buah
G34 - G35	110	447,3128	4	112
G36 - G37	110	235,65	4	59
G35 - G37	200	59,9768	6	10
G37 - G39	200	49,3159	6	9
G40 - G41	110	174,3434	4	44
G39 - G41	200	17,0217	6	3
G38 - G39	110	130,7891	4	33
G42 - G43	110	119,2006	4	30
G41 - G43	200	65,0723	6	11
G43 - G45	125	70,3661	6	12
G44 - G45	110	54,3069	4	14
G45 - G47	200	49,0254	6	9
G46 - G47	110	52,0542	4	14
G47 - G49	125	22,4777	6	4
G48 - G49	110	53,6813	4	14
G49 - H39	110	10,1502	4	3
H1 - H3	110	110,4692	4	28
H2 - H3	110	81,0889	4	21
H3 - H5	110	10,881	4	3
H4 - H5	110	90,3691	4	23
H5 - H7	110	87,3846	4	22
H6 - H7	110	157,1277	4	40
H7 - H9	140	20,4804	6	4
H8 - H9	110	74,1733	6	13
H9 - H11	200	101,1849	6	17
H10 - H11	110	62,5657	4	16

Pipa	D apply	L pipa	L pipa per batang	Jumlah Pipa
	mm	m	m	buah
H11 - H13	125	69,6448	6	12
H12 - H13	110	60,8327	4	16
H13 - H15	110	21,9834	4	6
H14 - H15	110	62,2887	4	16
H' - H"	110	67,8358	4	17
H15 - H"	110	22,8251	4	6
H16 - H17	110	79,9486	4	20
H" - H17	110	19,0402	4	5
H17 - H19	125	21,1715	6	4
H18 - H19	110	83,7645	4	21
H19 - H21	125	21,9202	6	4
H20 - H21	110	86,3065	4	22
H22 - H23	110	86,1821	4	22
H21 - H23	125	23,4635	6	4
H23 - H25	140	28,5166	6	5
H24 - H25	110	87,248	4	22
H25 - H33	125	7,8552	6	2
H26 - H28	125	626,4226	6	105
H27 - H28	110	337,0772	4	85
H28 - H30	110	27,4427	4	7
H29 - H30	200	572,9575	6	96
H30 - H32	250	60,5171	6	11
H31 - H32	110	315,5785	4	79
H32 - H33	200	172,2533	6	29
H33 - H34	350	236,4077	6	40
H34 - H36	400	378,6578	6	64

Pipa	D apply	L pipa	L pipa per batang	Jumlah Pipa
	mm	m	m	buah
H35 - H36	110	134,9996	4	34
H37 - H38	110	134,5122	4	34
H36 - H38	400	23,6758	6	4
H38 - H39	300	25,4595	6	5
H39 - H40	300	52,3049	6	9
H40 - H41 (IPAL)	350	10,1846	6	2

Tabel 8. 2 Panjang Pipa Tiap Jalur *Cluster* II

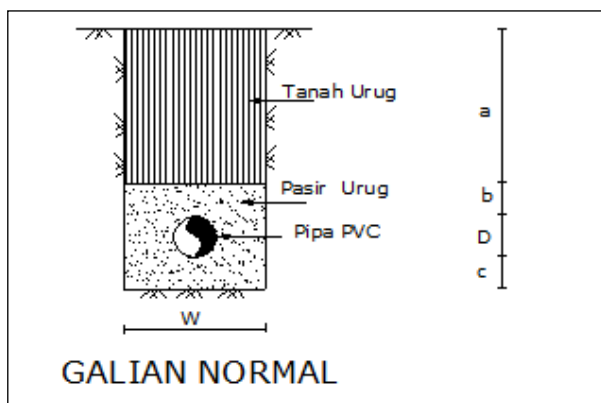
Pipa	D apply	L pipa	L pipa per batang	Jumlah Pipa
	mm	m	m	buah
C1 - C3	110	83,8281	4	21
C2 - C3	110	45,6437	4	11
C3 - C5	110	105,0519	4	26
C4 - C5	110	68,4035	4	17
C5 - C7	110	68,187	4	17
C6 - C7	110	78,0275	4	20
C8 - D21	110	51,9686	4	13
C7 - C10	110	60,1974	4	15
C9 - C10	110	146,7409	4	37
C10 - D22	125	87,0065	6	15
C11 - C13	110	59,4958	4	15
C12 - C13	110	53,5128	4	13
C13 - D23	110	59,2631	4	15
C14 - C16	110	139,0502	4	35
C15 - C16	110	51,9839	4	13
C16 - D35	110	136,646	4	34

Pipa	D apply	L pipa	L pipa per batang	Jumlah Pipa
	mm	m	m	buah
D1 - D3	110	130,1035	4	33
D2 - D3	110	100,0459	4	25
D3 - D5	110	27,9925	4	7
D4 - D5	110	101,415	4	25
D6 - D10	110	99,677	4	25
D7 - D9	110	60,3823	4	15
D8 - D9	110	40,053	4	10
D9 - D10	110	20,9987	4	5
D10 - D11	110	94,1594	4	24
D11 - D13	110	26,8427	4	7
D12 - D13	110	174,281	4	44
D13 - D14	110	29,9711	4	7
D5 - D14	125	227,6594	6	38
D15 - D16	110	137,843	4	34
D14 - D16	140	26,5054	6	4
D16 - D20	140	114,6599	6	19
D17 - D19	110	131,268	4	33
D18 - D19	110	100,285	4	25
D19 - D20	110	29,7392	4	7
D20 - D21	200	187,682	6	31
D21 - D22	110	50,0862	4	13
D22 - D23	110	50,8766	4	13
D24 - D26	110	119,3387	4	30
D25 - D26	110	85,0419	4	21
D26 - D27	110	215,1535	4	54
D23 - D27	200	7,3162	6	1

Pipa	D apply	L pipa	L pipa per batang	Jumlah Pipa
	mm	m	m	buah
D28 - D32	110	229,379	4	57
D29 - D31	110	182,3334	4	46
D30 - D31	110	110,8313	4	28
D31 - D32	110	27,3223	4	7
D32 - D34	110	106,2582	4	27
D33 - D34	110	231,9259	4	58
D34 - D35	110	25,0705	4	6
D27 - D35	200	91,6765	6	15
D35 - D36 (IPAL)	200	201,5132	6	34

8.1.2 BOQ Galian dan Urugan

Penggalian pipa disesuaikan pada keadaan tanah di wilayah perencanaan yang cenderung stabil atau normal. Penanaman pipa dari muka tanah direncanakan sesuai dengan perhitungan penanaman pipa yang telah dihitung sebelumnya. Bentuk galian yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 8.2



Gambar 8. 2 Galian Normal Pipa Penyalur Limbah

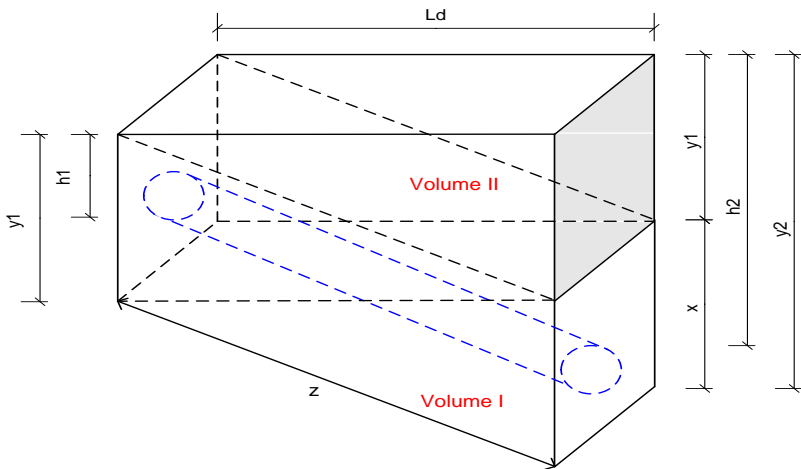
Adapun nilai a,b,c,d dan w telah diatur dalam standar Departemen Pekerjaan Umum yang dapat dilihat melalui Tabel 8.3 :

Tabel 8. 3 Standar Urugan Galian yang Diperkenankan

Diameter (mm)	L	h pipa	h tanah	h pasir	
	abcd	w	a	b	c
50 -200	100 -115	55 - 60	65 - 75	15	15
150 - 200	120 - 125	65 -70	75	15	15
250 - 300	130 - 135	75 -80	75	15	15
350 - 400	140 -150	85 - 95	75	15	15
500 - 600	160 -170	100 -110	75	15	15
600 -700	180 - 190	120 -130	75	15	15
700 - 900	190 - 200	140 - 150	75	15	15
900 - 1100	200 - 210	160 -170	75	15	15
1100 - 1300	210 - 220	180 -190	75	15	15

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum)

Bentuk Galian yang direncanakan sepanjang pipa dapat dilihat pada Gambar 8.3



Gambar 8. 3 Bentuk Galian yang Direncanakan Sepanjang Saluran

Perhitungan BOQ untuk galian pipa adalah sebagai berikut :

- D = diameter pipa.
- h = kedalaman penanaman pipa.
- h₁ = kedalaman penanaman pipa awal.
- h₂ = kedalaman penanaman pipa akhir.
- w = lebar galian
- y = kedalaman galian = h + c
- y₁ = kedalaman galian awal.
- y₂ = kedalaman galian akhir.
- Volume galian I = $[(0,3 \times 2) + D] \times y_1 \times z$
- Volume galian II = $\frac{1}{2} \times [(0,3 \times 2) + D] \times X \times Ld$
- Volume galian total = Volume galian I + Volume galian II
- Volume pipa = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times Ld$
- Volume urugan pasir = $[D + (0,3 \times 2)] \times (b + D + c) \times Ld - \text{Volume pipa.}$
- Volume Sisa Tanah Galian = Volume galian total – Volume urugan pasir.

Berikut contoh perhitungan Volume Pekerjaan galian pipa pada saluran A1-A4 adalah sebagai berikut:

- D = 110mm = 0,11 m

- Panjang saluran = L pipa = 98,1715 m
- $h_1 = 0,76 \text{ m}$, $h_2 = 0,76 \text{ m}$
- $y_1 = h_1 + c = 0,76 + 0,15 = 0,91 \text{ m}$
- $y_2 = h_2 + c = 0,76 + 0,15 = 0,91 \text{ m}$
- $Z = [(Ld^2) + (y_1^2)]^{1/2}$
 $= [(98,1715^2) + (0,91^2)]^{1/2} = 98,2 \text{ m}$
- $X = y_2 - y_1$
 $= 0,91 - 0,91 = 0 \text{ m}$
- Volume galian I $= [(0,3 \times 2) + D] \times y_1 \times z$
 $= [(0,3 \times 2) + 0,11] \times 0,91 \times 98,2$
 $= 63,43 \text{ m}^3$
- Volume galian II $= \frac{1}{2} \times [(0,3 \times 2) + D] \times X \times Ld$
 $= \frac{1}{2} \times [(0,3 \times 2) + 0,11] \times 0 \times 98,1715$
 $= 0 \text{ m}^3$
- Volume galian total = Volume galian I + Volume galian II
 $= 63,43 + 0$
 $= 63,43 \text{ m}^3$
- Volume pipa $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times Ld$
 $= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,11^2 \times 98,1715$
 $= 0,93 \text{ m}^3$
- Volume urugan pasir
 $= [(D + (0,3 \times 2)) \times (b + D + c) \times Ld] - \text{Volume Pipa}$
 $= [(0,11 + (0,3 \times 2)) \times (1,5 + 0,11 + 0,15) \times 98,1715] - (0,93)$
 $= 27,6 \text{ m}^3$
- Volume Sisa Tanah Galian = Volume galian total – Volume urugan pasir.
 $= 63,43 - 27,6$
 $= 35,8 \text{ m}^3$
- Pasir pemasangan paving kembali
 $= \text{panjang pipa} \times \text{lebar galian} \times \text{tebal pasir}(3\text{cm})$
 $= 98,1715 \times 0,6 \times 0,03$
 $= 1,77 \text{ m}^3$

Perhitungan lengkap BOQ galian pipa untuk kedua *Cluster* selengkapnya disajikan pada Lampiran

8.1.3 *Manhole*

Manhole setiap *Cluster* memiliki jumlah yang berbeda, dimana *manhole* yang digunakan diantaranya yaitu *manhole* lurus,

manhole belokan, *manhole* pertigaan, *manhole* perempatan, dan *drop manhole*. Jumlah keseluruhan *manhole* disajikan pada Tabel 8.4

Tabel 8. 4 BOQ *Manhole* Seluruh *Cluster*

No	Jenis <i>Manhole</i>	<i>Cluster</i> I	<i>Cluster</i> II
		buah	buah
1	Lurus	177	32
2	Belokan	96	20
3	Pertigaan	127	26
4	Perempatan	1	1
5	<i>Drop Manhole</i>	4	2
Total		486	

8.1.4 Bak Kontrol

Jumlah bak kontrol dihitung sama dengan jumlah KK atau rumah terlayani yaitu *cluster* I sebanyak 8.386 buah dan *cluster* II sebanyak 1.370 buah. Sehingga total bak kontrol yang dibutuhkan yaitu sebanyak 9.756 buah.

8.2 BOQ IPAL

BOQ IPAL terdiri dari sumur pengumpul, bak distribusi, ABR, AF, bak penyeduh kaporit, bak pembubuh kaporit dan bak kontak dari kedua *Cluster*.

8.2.1 Sumur Pengumpul

Cluster I

Dimensi:

Panjang	= 11,3 m
Lebar	= 11,3 m
Kedalaman	= 5 m
Tebal tutup	= 0,1 m
Tebal plat dasar	= 0,3 m
Lebar sepatu lantai	= 0,3 m
Tebal lantai kerja	= 0,05 m
Tebal pasir	= 0,1 m

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

$$= P \times L \times h$$

$$= (\text{panjang SP} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar SP} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal tutup} + \text{Kedalaman sumur pengumpul} + \text{tebal plat dasar} + \text{tebal lantai kerja} + \text{tebal pasir})$$

$$= (11,3+0,3+0,3) \times (11,3+0,3+0,3) \times (0,1+5+0,3+0,05+0,1)$$

$$= 786 \text{ m}^3$$

Pengurugan pasir dengan pemadatan

$$= P \times L \times \text{tebal pasir}$$

$$= (\text{panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal pasir})$$

$$= (11,3+0,3+0,3) \times (11,3+0,3+0,3) \times 0,1$$

$$= 14,16 \text{ m}^3$$

Pekerjaan beton K-225

- beton lantai bangunan

$$= (\text{panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal lantai kerja} + \text{tebal plat dasar})$$

$$= (11,3 + 0,3 + 0,3) \times (11,3 + 0,3 + 0,3) \times (0,05 + 0,3)$$

$$= 49,56 \text{ m}^3$$

- beton dinding bangunan

$$= [(\text{panjang} \times 2) + (\text{lebar} \times 2)] \times \text{tebal dinding} \times \text{kedalaman}$$

$$= [(11,3 \times 2) + (11,3 \times 2)] \times 0,15 \times 5$$

$$= 33,9 \text{ m}^3$$

- beton tutup bangunan

$$= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal tutup}$$

$$= 11,3 \times 11,3 \times 0,01$$

$$= 1,28 \text{ m}^3$$

- Total volume beton bangunan

$$= \text{beton lantai} + \text{beton dinding} + \text{beton tutup}$$

$$= 49,56 + 33,9 + 1,28$$

$$= 84,74 \text{ m}^3$$

- Pekerjaan Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi

$$= \text{panjang sepatu lantai} \times \text{lebar sepatu lantai} \times \text{tinggi urugan}$$

$$= [(11,9 \times 11,9) - (11,3 \times 11,3)] \times 5,55$$

$$= 77,25 \text{ m}^3$$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)

Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu 33,9 m³. Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat 110 kg/ m³ , sehingga diperoleh berat besi sebagai berikut.

$$\begin{aligned} &= \text{volume pembesian} \times \text{berat besi} \\ &= 33,9 \times 110 \\ &= 3729 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Pekerjaan Bekisting

- Volume Bekisting untuk Lantai

Volume bekisting untuk lantai adalah 25% dari Volume beton lantai

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 25 \% \times \text{Volume beton lantai} \\ &= 0,25 \times 49,56 \text{ m}^3 \\ &= 12,39 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Volume Bekisting untuk Dinding

Volume bekisting untuk dinding adalah 80% dari Volume beton dinding

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 80 \% \times \text{Volume beton dinding} \\ &= 0,80 \times 33,9 \text{ m}^3 \\ &= 27,12 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Volume Bekisting untuk Atap

Volume bekisting untuk atap adalah 100% dari Volume beton atap

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 100\% \times \text{Volume beton atap} \\ &= 1 \times 1,28 \text{ m}^3 \\ &= 1,28 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Total Bekisting

$$\begin{aligned} &= \text{bekisting lantai} + \text{bekisting dinding} + \text{bekisting tutup} \\ &= 12,39 + 27,12 + 1,28 \\ &= 40,79 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pekerjaan pompa

Pompa yang digunakan sebanyak 1 buah pada sumur pengumpul sebelum masuk menuju bak distribusi

Pekerjaan pipa

Jumlah pipa yang dibutuhkan sepanjang 10 meter. Panjang pipa per batang yaitu 6 meter, maka dibutuhkan sebanyak 2 buah pipa. Pipa yang digunakan dengan diameter 12".

Cluster II

Dimensi:

Panjang	= 5,5 m
Lebar	= 5,5 m
Kedalaman	= 5 m
Tebal tutup	= 0,1 m
Tebal plat dasar	= 0,3 m
Lebar sepatu lantai	= 0,3 m
Tebal lantai kerja	= 0,05 m
Tebal pasir	= 0,1 m

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

$$\begin{aligned} &= P \times L \times h \\ &= (\text{panjang SP} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar SP} + \text{sepatu lantai}) \times \\ &\quad (\text{tebal tutup} + \text{Kedalaman sumur pengumpul} + \text{tebal plat dasar} + \\ &\quad \text{tebal lantai kerja} + \text{tebal pasir}) \\ &= (5,5+0,3+0,3) \times (5,5+0,3+0,3) \times (0,1+5+0,3+0,05+0,1) \\ &= 206,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pengurugan pasir dengan pemadatan

$$\begin{aligned} &= P \times L \times \text{tebal pasir} \\ &= (\text{panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal pasir}) \\ &= (5,5+0,3+0,3) \times (5,5+0,3+0,3) \times 0,1 \\ &= 3,72 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pekerjaan beton K-225

- beton lantai bangunan
$$\begin{aligned} &= (\text{panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal lantai} \\ &\quad \text{kerja} + \text{tebal plat dasar}) \\ &= (5,5 + 0,3 + 0,3) \times (5,5 + 0,3 + 0,3) \times (0,05 + 0,3) \\ &= 13,02 \text{ m}^3 \end{aligned}$$
- beton dinding bangunan
$$\begin{aligned} &= [(\text{panjang} \times 2) + (\text{lebar} \times 2)] \times \text{tebal dinding} \times \text{kedalaman} \\ &= [(5,5 \times 2) + (5,5 \times 2)] \times 0,15 \times 5 \\ &= 16,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$
- beton tutup bangunan
$$\begin{aligned} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal tutup} \\ &= 5,5 \times 5,5 \times 0,01 \\ &= 3,02 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Total volume beton bangunan
 = beton lantai + beton dinding + beton tutup
 = $13,02 + 16,5 + 3,02$
 = $32,54 \text{ m}^3$
- Pekerjaan Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi
 = panjang sepatu lantai x lebar sepatu lantai x tinggi urugan
 = $[(6,1 \times 6,1) - (5,5 \times 5,5)] \times 5,55$
 = $38,63 \text{ m}^3$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)

Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu $16,5 \text{ m}^3$. Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat 110 kg/m^3 , sehingga diperoleh berat besi sebagai berikut.

$$\begin{aligned} &= \text{volume pembesian} \times \text{berat besi} \\ &= 16,5 \times 110 \\ &= 1815 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Pekerjaan Bekisting

- Volume Bekisting untuk Lantai
 Volume bekisting untuk lantai adalah 25% dari Volume beton lantai
 Volume = $25 \% \times \text{Volume beton lantai}$
 = $0,25 \times 13,02 \text{ m}^3$
 = $3,25 \text{ m}^3$
- Volume Bekisting untuk Dinding
 Volume bekisting untuk dinding adalah 80% dari Volume beton dinding
 Volume = $80 \% \times \text{Volume beton dinding}$
 = $0,80 \times 16,5 \text{ m}^3$
 = $13,2 \text{ m}^3$
- Volume Bekisting untuk Atap
 Volume bekisting untuk atap adalah 100% dari Volume beton atap
 Volume = $100\% \times \text{Volume beton atap}$
 = $1 \times 3,02 \text{ m}^3$
 = $3,02 \text{ m}^3$
- Total Bekisting
 = bekisting lantai + bekisting dinding + bekisting tutup
 = $3,25 + 13,2 + 3,02$
 = $19,47 \text{ m}^3$

Pekerjaan pompa

Pompa yang digunakan sebanyak 1 buah pada sumur pengumpul sebelum masuk menuju bak distribusi.

Pekerjaan pipa

Jumlah pipa yang dibutuhkan sepanjang 9,5 meter. Panjang pipa per batang yaitu 6 meter, maka dibutuhkan sebanyak 2 buah pipa. Pipa yang digunakan dengan diameter 5".

8.2.2 Bak Distribusi

Cluster I

Dimensi:

Panjang	= 2,1 m
Lebar	= 2,1 m
Tinggi	= 1 m
Tinggi diatas tanah	= 0,7 m
Tinggi dibawah tanah	= 0,3 m
Tebal tutup	= 0,1 m
Freeboard	= 0,2 m
Tebal dinding	= 0,15 m
Tebal plat dasar	= 0,2 m
Lebar sepatu lantai	= 0,3 m
Tebal lantai kerja	= 0,05 m
Tebal pasir	= 0,1 m

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

$$\begin{aligned} &= P \times L \times h \\ &= (\text{panjang BD} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar BD} + \text{sepatu lantai}) \times \\ &(\text{tebal plat dasar} + \text{Kedalaman bangunan yang digali} + \text{tebal lantai} \\ &\text{kerja} + \text{tebal pasir}) \\ &= (2,1+0,3+0,3) \times (2,1+0,3+0,3) \times (0,2+0,3+0,05+0,1) \\ &= 3,7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pengurugan pasir dengan pemadatan

$$\begin{aligned} &= P \times L \times \text{tebal pasir} \\ &= (\text{panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal pasir}) \\ &= (2,1+0,3+0,3) \times (2,1+0,3+0,3) \times 0,1 \\ &= 0,58 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pekerjaan beton K-225

- beton lantai bangunan
= (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x (tebal lantai kerja + tebal plat dasar)
= $(2,1 + 0,3 + 0,3) \times (2,1 + 0,3 + 0,3) \times (0,05 + 0,2)$
= $1,44 \text{ m}^3$
- beton dinding bangunan
= [(panjang x 2) + (lebar x 2)] x tebal dinding x (tinggi + freeboard)
= $[(2,1 \times 2) + (2,1 \times 2)] \times 0,15 \times (1 + 0,2)$
= $1,3 \text{ m}^3$
- beton tutup bangunan
= panjang x lebar x tebal tutup
= $2,1 \times 2,1 \times 0,01$
= $0,04 \text{ m}^3$
- Total volume beton bangunan
= beton lantai + beton dinding + beton tutup
= $1,44 + 1,3 + 0,04$
= $2,77 \text{ m}^3$
- Pekerjaan Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi
= panjang sepatu lantai x lebar sepatu lantai x tinggi urugan
= $[(2,7 \times 2,7) - (2,1 \times 2,1)] \times 0,65$
= $1,64 \text{ m}^3$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)

Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu $1,3 \text{ m}^3$. Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat 110 kg/m^3 , sehingga diperoleh berat besi sebagai berikut.

$$\begin{aligned} &= \text{volume pembesian} \times \text{berat besi} \\ &= 1,3 \times 110 \\ &= 142,56 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Pekerjaan Bekisting

- Volume Bekisting untuk Lantai
Volume bekisting untuk lantai adalah 25% dari Volume beton lantai
Volume = $25 \% \times \text{Volume beton lantai}$
= $0,25 \times 1,44 \text{ m}^3$
= $0,36 \text{ m}^3$

- Volume Bekisting untuk Dinding

Volume bekisting untuk dinding adalah 80% dari Volume beton dinding

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 80 \% \times \text{Volume beton dinding} \\ &= 0,80 \times 1,3 \text{ m}^3 \\ &= 1,04 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Volume Bekisting untuk Atap

Volume bekisting untuk atap adalah 100% dari Volume beton atap

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 100\% \times \text{Volume beton atap} \\ &= 1 \times 0,03 \text{ m}^3 \\ &= 0,03 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Total Bekisting

= bekisting lantai + bekisting dinding + bekisting tutup

$$= 0,36 + 1,04 + 0,03$$

$$= 1,43 \text{ m}^3$$

Pekerjaan pipa

Jumlah pipa yang dibutuhkan sepanjang 6 meter untuk 9 buah saluran. Panjang pipa per batang yaitu 6 meter, maka dibutuhkan sebanyak 9 buah pipa. Pipa yang digunakan dengan diameter 4".

Cluster II

Dimensi:

$$\text{Panjang} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi diatas tanah} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi dibawah tanah} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Tebal tutup} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Freeboard} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Tebal dinding} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Tebal plat dasar} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar sepatu lantai} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Tebal lantai kerja} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Tebal pasir} = 0,1 \text{ m}$$

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

$$= P \times L \times h$$

$$\begin{aligned}
 &= (\text{panjang BD} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar BD} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal plat dasar} + \text{Kedalaman bangunan yang digali} + \text{tebal lantai kerja} + \text{tebal pasir}) \\
 &= (1,2+0,3+0,3) \times (1,2+0,3+0,3) \times (0,2+0,2+0,05+0,1) \\
 &= 1,4 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Pengurugan pasir dengan pemadatan

$$\begin{aligned}
 &= P \times L \times \text{tebal pasir} \\
 &= (\text{panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal pasir}) \\
 &= (1,2+0,3+0,3) \times (1,2+0,3+0,3) \times 0,1 \\
 &= 0,26 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Pekerjaan beton K-225

- beton lantai bangunan

$$= (\text{panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal lantai kerja} + \text{tebal plat dasar})$$

$$= (1,2 + 0,3 + 0,3) \times (1,2 + 0,3 + 0,3) \times (0,05 + 0,2)$$

$$= 0,64 \text{ m}^3$$
- beton dinding bangunan

$$= [(\text{panjang} \times 2) + (\text{lebar} \times 2)] \times \text{tebal dinding} \times (\text{tinggi} + \text{freeboard})$$

$$= [(1,2 \times 2) + (1,2 \times 2)] \times 0,15 \times (0,5 + 0,2)$$

$$= 0,42 \text{ m}^3$$
- beton tutup bangunan

$$= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal tutup}$$

$$= 1,2 \times 1,2 \times 0,01$$

$$= 0,01 \text{ m}^3$$
- Total volume beton bangunan

$$= \text{beton lantai} + \text{beton dinding} + \text{beton tutup}$$

$$= 0,64 + 0,42 + 0,01$$

$$= 1,07 \text{ m}^3$$
- Pekerjaan Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi

$$= \text{panjang sepatu lantai} \times \text{lebar sepatu lantai} \times \text{tinggi urugan}$$

$$= [(1,8 \times 1,8) - (1,2 \times 1,2)] \times 0,55$$

$$= 0,86 \text{ m}^3$$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)

Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu 0,42 m³. Besi yang digunakan direncanakan

memiliki berat 110 kg/ m³ , sehingga diperoleh berat besi sebagai berikut.

= volume pembesian x berat besi

= 0,42 x 110

= 46,2 Kg

Pekerjaan Bekisting

- Volume Bekisting untuk Lantai

Volume bekisting untuk lantai adalah 25% dari Volume beton lantai

Volume = 25 % x Volume beton lantai

= 0,25 x 0,64 m³

= 0,16 m³

- Volume Bekisting untuk Dinding

Volume bekisting untuk dinding adalah 80% dari Volume beton dinding

Volume = 80 % x Volume beton dinding

= 0,80 x 0,42 m³

= 0,34 m³

- Volume Bekisting untuk Atap

Volume bekisting untuk atap adalah 100% dari Volume beton atap

Volume = 100% x Volume beton atap

= 1 x 0,01 m³

= 0,01 m³

- Total Bekisting

= bekisting lantai + bekisting dinding + bekisting tutup

= 0,16 + 0,34 + 0,01

= 0,51 m³

Pekerjaan pipa

Jumlah pipa yang dibutuhkan sepanjang 6 meter untuk 2 buah saluran. Panjang pipa per batang yaitu 6 meter, maka dibutuhkan sebanyak 2 buah pipa. Pipa yang digunakan dengan diameter 4".

8.2.3 Bak Penyeduh Kaporit

Cluster I

Dimensi:

Panjang = 1,9 m

Lebar = 1,9 m

Tinggi = 0,75 m

Tinggi diatas tanah	= 0,45 m
Tinggi dibawah tanah	= 0,3 m
Freeboard	= 0,25 m
Tebal dinding	= 0,15 m
Tebal plat dasar	= 0,2 m
Lebar sepatu lantai	= 0,3 m
Tebal lantai kerja	= 0,05 m
Tebal pasir	= 0,1 m

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

$$= P \times L \times h$$

$$= (\text{panjang BP} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar BP} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal plat dasar} + \text{Kedalaman bangunan yang digali} + \text{tebal lantai kerja} + \text{tebal pasir})$$

$$= (1,9+0,3+0,3) \times (1,9+0,3+0,3) \times (0,2+0,3+0,05+0,1)$$

$$= 4,1 \text{ m}^3$$

Pengurugan pasir dengan pemadatan

$$= P \times L \times \text{tebal pasir}$$

$$= (\text{panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal pasir})$$

$$= (1,9+0,3+0,3) \times (1,9+0,3+0,3) \times 0,1$$

$$= 0,62 \text{ m}^3$$

Pekerjaan beton K-225

- beton lantai bangunan

$$= (\text{panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal lantai kerja} + \text{tebal plat dasar})$$

$$= (1,9 + 0,3 + 0,3) \times (1,9 + 0,3 + 0,3) \times (0,05 + 0,2)$$

$$= 1,56 \text{ m}^3$$

- beton dinding bangunan

$$= [(\text{panjang} \times 2) + (\text{lebar} \times 2)] \times \text{tebal dinding} \times (\text{tinggi} + \text{freeboard})$$

$$= [(1,9 \times 2) + (1,9 \times 2)] \times 0,15 \times (0,75 + 0,25)$$

$$= 1,14 \text{ m}^3$$

- Total volume beton bangunan

$$= \text{beton lantai} + \text{beton dinding}$$

$$= 1,56 + 1,14$$

$$= 2,7 \text{ m}^3$$

- Pekerjaan Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi

$$= \text{panjang sepatu lantai} \times \text{lebar sepatu lantai} \times \text{tinggi urugan}$$

$$= [(2,5 \times 2,5) - (1,9 \times 1,9)] \times 0,55$$

$$= 1,45 \text{ m}^3$$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)

Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu $1,14 \text{ m}^3$. Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat 110 kg/m^3 , sehingga diperoleh berat besi sebagai berikut.

$$= \text{volume pembesian} \times \text{berat besi}$$

$$= 1,14 \times 110$$

$$= 125,4 \text{ Kg}$$

Pekerjaan Bekisting

- Volume Bekisting untuk Lantai

Volume bekisting untuk lantai adalah 25% dari Volume beton lantai

$$\text{Volume} = 25 \% \times \text{Volume beton lantai}$$

$$= 0,25 \times 1,56 \text{ m}^3$$

$$= 0,39 \text{ m}^3$$

- Volume Bekisting untuk Dinding

Volume bekisting untuk dinding adalah 80% dari Volume beton dinding

$$\text{Volume} = 80 \% \times \text{Volume beton dinding}$$

$$= 0,80 \times 1,14 \text{ m}^3$$

$$= 0,91 \text{ m}^3$$

- Total Bekisting

$$= \text{bekisting lantai} + \text{bekisting dinding}$$

$$= 0,39 + 0,91$$

$$= 1,3 \text{ m}^3$$

Cluster II

Dimensi:

Panjang	= 1 m
Lebar	= 1 m
Tinggi	= 0,5 m
Tinggi diatas tanah	= 0,3 m
Tinggi dibawah tanah	= 0,2 m
Freeboard	= 0,3 m
Tebal dinding	= 0,15 m
Tebal plat dasar	= 0,2 m

Lebar sepatu lantai = 0,3 m
 Tebal lantai kerja = 0,05 m
 Tebal pasir = 0,1 m

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

$= P \times L \times h$
 $= (\text{panjang BP} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar BP} + \text{sepatu lantai}) \times$
 $(\text{tebal plat dasar} + \text{Kedalaman bangunan yang digali} + \text{tebal lantai}$
 $\text{kerja} + \text{tebal pasir})$
 $= (1+0,3+0,3) \times (1+0,3+0,3) \times (0,2+0,2+0,05+0,1)$
 $= 1,4 \text{ m}^3$

Pengurugan pasir dengan pemadatan

$= P \times L \times \text{tebal pasir}$
 $= (\text{panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal pasir})$
 $= (1+0,3+0,3) \times (1+0,3+0,3) \times 0,1$
 $= 0,26 \text{ m}^3$

Pekerjaan beton K-225

- beton lantai bangunan
 $= (\text{panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal lantai}$
 $\text{kerja} + \text{tebal plat dasar})$
 $= (1 + 0,3 + 0,3) \times (1 + 0,3 + 0,3) \times (0,05 + 0,2)$
 $= 0,64 \text{ m}^3$
- beton dinding bangunan
 $= [(\text{panjang} \times 2) + (\text{lebar} \times 2)] \times \text{tebal dinding} \times (\text{tinggi} + \text{freeboard})$
 $= [(1 \times 2) + (1 \times 2)] \times 0,15 \times (0,5 + 0,3)$
 $= 0,48 \text{ m}^3$
- Total volume beton bangunan
 $= \text{beton lantai} + \text{beton dinding}$
 $= 0,64 + 0,48$
 $= 1,12 \text{ m}^3$
- Pekerjaan Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi
 $= \text{panjang sepatu lantai} \times \text{lebar sepatu lantai} \times \text{tinggi urugan}$
 $= [(1,6 \times 1,6) - (1 \times 1)] \times 0,55$
 $= 0,86 \text{ m}^3$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)

Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu $0,48 \text{ m}^3$. Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat 110 kg/ m^3 , sehingga diperoleh berat besi sebagai berikut.

$$\begin{aligned} &= \text{volume pembesian} \times \text{berat besi} \\ &= 0,48 \times 110 \\ &= 52,8 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Pekerjaan Bekisting

- Volume Bekisting untuk Lantai

Volume bekisting untuk lantai adalah 25% dari Volume beton lantai

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 25 \% \times \text{Volume beton lantai} \\ &= 0,25 \times 0,64 \text{ m}^3 \\ &= 0,16 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Volume Bekisting untuk Dinding

Volume bekisting untuk dinding adalah 80% dari Volume beton dinding

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 80 \% \times \text{Volume beton dinding} \\ &= 0,80 \times 0,48 \text{ m}^3 \\ &= 0,38 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Total Bekisting

$$\begin{aligned} &= \text{bekisting lantai} + \text{bekisting dinding} \\ &= 0,16 + 0,38 \\ &= 0,54 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

8.2.4 Bak Kontak

Cluster I

Dimensi:

Panjang	= 9,2 m
Lebar	= 4,6 m
Tinggi air	= 1 m
Kedalaman bak	= 2 m
Tebal dinding	= 0,15 m
Tebal plat dasar	= 0,2 m
Lebar sepatu lantai	= 0,3 m
Tebal lantai kerja	= 0,05 m
Tebal pasir	= 0,1 m

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

$$= P \times L \times h$$

= (panjang BK + sepatu lantai) x (lebar BK + sepatu lantai) x (tebal plat dasar + Kedalaman bangunan yang digali + tebal lantai kerja + tebal pasir)

$$= (9,2+0,3+0,3) \times (4,6+0,3+0,3) \times (0,2+2+0,05+0,1)$$

$$= 119,76 \text{ m}^3$$

Pengurugan pasir dengan pemadatan

$$= P \times L \times \text{tebal pasir}$$

= (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x (tebal pasir)

$$= (9,2+0,3+0,3) \times (4,6+0,3+0,3) \times 0,1$$

$$= 5,1 \text{ m}^3$$

Pekerjaan beton K-225

- beton lantai bangunan

= (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x (tebal lantai kerja + tebal plat dasar)

$$= (9,2 + 0,3 + 0,3) \times (4,6 + 0,3 + 0,3) \times (0,05 + 0,2)$$

$$= 12,74 \text{ m}^3$$

- beton dinding bangunan

= [(panjang x 2) + (lebar x 2)] x tebal dinding x kedalaman bak

$$= [(9,2 \times 2) + (4,6 \times 2)] \times 0,15 \times 2$$

$$= 8,28 \text{ m}^3$$

- Total volume beton bangunan

= beton lantai + beton dinding

$$= 12,74 + 8,28$$

$$= 21,02 \text{ m}^3$$

- Pekerjaan Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi

= panjang sepatu lantai x lebar sepatu lantai x tinggi urugan

$$= [(9,8 \times 5) - (9,2 \times 4,6)] \times 2,35$$

$$= 15,7 \text{ m}^3$$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)

Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu $8,28 \text{ m}^3$. Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat 110 kg/m^3 , sehingga diperoleh berat besi sebagai berikut.

= volume pembesian x berat besi

$$= 8,28 \times 110$$

$$= 910,8 \text{ Kg}$$

Pekerjaan Bekisting

- Volume Bekisting untuk Lantai

Volume bekisting untuk lantai adalah 25% dari Volume beton lantai

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 25 \% \times \text{Volume beton lantai} \\ &= 0,25 \times 12,74 \text{ m}^3 \\ &= 3,18 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Volume Bekisting untuk Dinding

Volume bekisting untuk dinding adalah 80% dari Volume beton dinding

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 80 \% \times \text{Volume beton dinding} \\ &= 0,80 \times 8,28 \text{ m}^3 \\ &= 6,62 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Total Bekisting

= bekisting lantai + bekisting dinding

$$= 3,18 + 6,62$$

$$= 9,8 \text{ m}^3$$

Pekerjaan pipa

Jumlah pipa yang dibutuhkan sepanjang 6 meter untuk 1 buah saluran. Panjang pipa per batang yaitu 6 meter, maka dibutuhkan sebanyak 1 buah pipa. Pipa yang digunakan dengan diameter 16".

Cluster II

Dimensi:

Panjang	= 3,7 m
Lebar	= 1,85 m
Tinggi air	= 1 m
Kedalaman bak	= 2 m
Tebal dinding	= 0,15 m
Tebal plat dasar	= 0,2 m
Lebar sepatu lantai	= 0,3 m
Tebal lantai kerja	= 0,05 m
Tebal pasir	= 0,1 m

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

$$= P \times L \times h$$

$$\begin{aligned}
 &= (\text{panjang BK} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar BK} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal plat dasar} + \text{Kedalaman bangunan yang digali} + \text{tebal lantai kerja} + \text{tebal pasir}) \\
 &= (3,7+0,3+0,3) \times (1,85+0,3+0,3) \times (0,2+2+0,05+0,1) \\
 &= 24,76 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Pengurugan pasir dengan pemadatan

$$\begin{aligned}
 &= P \times L \times \text{tebal pasir} \\
 &= (\text{panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal pasir}) \\
 &= (3,7+0,3+0,3) \times (1,85+0,3+0,3) \times 0,1 \\
 &= 1,05 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Pekerjaan beton K-225

- beton lantai bangunan

$$\begin{aligned}
 &= (\text{panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal lantai kerja} + \text{tebal plat dasar}) \\
 &= (3,7 + 0,3 + 0,3) \times (1,85 + 0,3 + 0,3) \times (0,05 + 0,2) \\
 &= 2,63 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$
- beton dinding bangunan

$$\begin{aligned}
 &= [(\text{panjang} \times 2) + (\text{lebar} \times 2)] \times \text{tebal dinding} \times \text{kedalaman bak} \\
 &= [(3,7 \times 2) + (1,85 \times 2)] \times 0,15 \times 2 \\
 &= 3,33 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$
- Total volume beton bangunan

$$\begin{aligned}
 &= \text{beton lantai} + \text{beton dinding} \\
 &= 2,63 + 3,33 \\
 &= 5,96 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$
- Pekerjaan Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi

$$\begin{aligned}
 &= \text{panjang sepatu lantai} \times \text{lebar sepatu lantai} \times \text{tinggi urugan} \\
 &= [(4,3 \times 2,45) - (3,7 \times 1,85)] \times 2,35 \\
 &= 8,67 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)

Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu 3,33 m³. Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat 110 kg/ m³ , sehingga diperoleh berat besi sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 &= \text{volume pembesian} \times \text{berat besi} \\
 &= 3,33 \times 110 \\
 &= 366,3 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Pekerjaan Bekisting

- Volume Bekisting untuk Lantai

Volume bekisting untuk lantai adalah 25% dari Volume beton lantai

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 25 \% \times \text{Volume beton lantai} \\ &= 0,25 \times 2,63 \text{ m}^3 \\ &= 0,66 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Volume Bekisting untuk Dinding

Volume bekisting untuk dinding adalah 80% dari Volume beton dinding

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 80 \% \times \text{Volume beton dinding} \\ &= 0,80 \times 3,33 \text{ m}^3 \\ &= 2,66 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Total Bekisting

= bekisting lantai + bekisting dinding

$$= 0,66 + 2,66$$

$$= 3,32 \text{ m}^3$$

Pekerjaan pipa

Jumlah pipa yang dibutuhkan sepanjang 6 meter untuk 1 buah saluran. Panjang pipa per batang yaitu 6 meter, maka dibutuhkan sebanyak 1 buah pipa. Pipa yang digunakan dengan diameter 10".

8.2.4 Bak Pembubuh Kaporit

Cluster I

Dimensi:

$$\text{Panjang} = 9,2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 4,6 \text{ m}$$

$$\text{Tebal plat 1} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Tebal plat 2} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Tebal plat 3} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Tebal dinding} = 0,15 \text{ m}$$

Pekerjaan beton K-225

- beton membujur

= (panjang + tebal dinding) x tebal plat 1 x tebal plat 2 x jumlah

$$= (9,2 + 0,15 + 0,15) \times 0,3 \times 0,3 \times 2$$

$$= 1,71 \text{ m}^3$$

- beton melintang

= (lebar + tebal dinding) x tebal plat 1 x tebal plat 3 x jumlah

$$= (4,6 + 0,15 + 0,15) \times 0,3 \times 1 \times 1$$

$$= 1,47 \text{ m}^3$$

- Total volume beton bangunan
= beton membujur + beton melintang
= $1,71 + 1,47$
= $3,18 \text{ m}^3$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)

Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume beton bangunan yaitu $3,18 \text{ m}^3$. Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat 110 kg/m^3 , sehingga diperoleh berat besi sebagai berikut.

$$= \text{volume pembesian} \times \text{berat besi}$$

$$= 3,18 \times 110$$

$$= 349,8 \text{ Kg}$$

Pekerjaan Bekisting

- Volume Bekisting Membujur

Volume bekisting membujur adalah 25% dari Volume beton lantai

$$\text{Volume} = 25 \% \times \text{Volume beton lantai}$$

$$= 0,25 \times 1,71 \text{ m}^3$$

$$= 0,43 \text{ m}^3$$

- Volume Bekisting Melintang

Volume bekisting melintang adalah 80% dari Volume beton dinding

$$\text{Volume} = 80 \% \times \text{Volume beton dinding}$$

$$= 0,80 \times 1,47 \text{ m}^3$$

$$= 1,18 \text{ m}^3$$

- Total Bekisting

$$= \text{bekisting membujur} + \text{bekisting melintang}$$

$$= 0,43 + 1,18$$

$$= 1,61 \text{ m}^3$$

Pekerjaan Bak Pembubuh Kaporit

Jumlah bak pembubuh kaporit yang dibutuhkan sebanyak 1 buah dengan volume 900 L. dalam perencanaan ini digunakan profil tank yang memiliki volume 900 L.

Cluster II

Dimensi:

Panjang	= 3,7 m
Lebar	= 1,85 m
Tebal plat 1	= 0,3 m
Tebal plat 2	= 0,3 m
Tebal plat 3	= 1 m
Tebal dinding	= 0,15 m

Pekerjaan beton K-225

- beton membujur
= (panjang + tebal dinding) x tebal plat 1 x tebal plat 2 x jumlah
= $(3,7 + 0,15 + 0,15) \times 0,3 \times 0,3 \times 2$
= $0,72 \text{ m}^3$
- beton melintang
= (lebar + tebal dinding) x tebal plat 1 x tebal plat 3 x jumlah
= $(1,85 + 0,15 + 0,15) \times 0,3 \times 1 \times 1$
= $0,64 \text{ m}^3$
- Total volume beton bangunan
= beton membujur + beton melintang
= $0,72 + 0,64$
= $1,36 \text{ m}^3$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)

Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume beton bangunan yaitu $1,36 \text{ m}^3$. Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat 110 kg/m^3 , sehingga diperoleh berat besi sebagai berikut.

$$\begin{aligned} &= \text{volume pembesian} \times \text{berat besi} \\ &= 1,36 \times 110 \\ &= 150,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Pekerjaan Bekisting

- Volume Bekisting Membujur
Volume bekisting membujur adalah 25% dari Volume beton lantai
Volume = $25 \% \times \text{Volume beton lantai}$
= $0,25 \times 0,72 \text{ m}^3$
= $0,18 \text{ m}^3$

- Volume Bekisting Melintang

Volume bekisting melintang adalah 80% dari Volume beton dinding

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 80 \% \times \text{Volume beton dinding} \\ &= 0,80 \times 0,64 \text{ m}^3 \\ &= 0,52 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Total Bekisting

= bekisting membujur + bekisting melintang

$$= 0,18 + 0,52$$

$$= 0,7 \text{ m}^3$$

Pekerjaan Bak Pembubuh Kaporit

Jumlah bak pembubuh kaporit yang dibutuhkan sebanyak 1 buah dengan volume 450 L. dalam perencanaan ini digunakan profil tank yang memiliki volume 450 L.

8.2.5 Anaerobic Baffled Reactor dan Anaerobic Filter

Cluster I

Panjang total ABR dan AF

= panjang bak pengendap + (panjang kompartemen x jumlah kompartemen) + panjang AF

$$= 7,6 \text{ m} + (2,7 \text{ m} \times 6 \text{ m}) + 4,32 \text{ m}$$

$$= 28,12 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 3,8 \text{ m}$$

$$\text{H air} = 4,5 \text{ m}$$

$$\text{Freeboard} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 4,8 \text{ m}$$

$$\text{Tebal beton} = 0,15 \text{ m}$$

Volume beton dinding

= 2 x (tinggi x tebal beton x lebar) + 2 x (tinggi ABR x tebal beton x panjang ABR dan AF)

$$= 2 \times (4,8 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 3,8 \text{ m}) + 2 \times (4,8 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 28,12 \text{ m})$$

$$= 45,96 \text{ m}^3$$

Volume beton lantai

= [(panjang + (tebal x 9)) x [(lebar + (tebal x 2)] x tebal

$$= [(28,12 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 9)) \times [(3,8 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)] \times 0,15 \text{ m}$$

$$= 18,12 \text{ m}^3$$

Volume beton atap

= Volume beton lantai

$$= 18,12 \text{ m}^3$$

Volume beton antara kompartemen

= kompartemen ABR & AF + sekat *grease trap* – lubang pipa

= [jumlah kompartemen x (tebal x tinggi x lebar)] + [lebar x tinggi x tebal] – jumlah kompartemen x jumlah pipa per kompartemen x ($\pi \times ((d / 2)^2) \times \text{tebal}$)

$$= [7 \times (0,15\text{m} \times 4,8\text{m} \times 3,8\text{m})] + [3,8\text{m} \times 2,6\text{m} \times 0,15\text{m}] - 7 \times 6 \times (3,14 \times ((0,11\text{m} / 2)^2) \times 0,15\text{m})$$

$$= 20,57 \text{ m}^3$$

Pemasangan pipa air kotor 4"

Panjang di pasaran = 4 m

Panjang yang dibutuhkan = 3 m

Jumlah pipa yang dibutuhkan = 1 batang

Pemasangan pipa air kotor 4"

Panjang di pasaran = 4 m

Jumlah pipa yang dibutuhkan

= jumlah pipa per kompartemen x jumlah kompartemen x panjang pipa yang dibutuhkan / panjang pipa di pasaran

$$= 4 \text{ buah} \times 7 \text{ kompartemen} \times 3,4 \text{ m} / 4 \text{ m}$$

$$= 24 \text{ batang}$$

Volume bekesting

- Volume bekisting dinding

$$= 0,8 \times \text{Volume beton dinding}$$

$$= 0,8 \times 45,96 \text{ m}^3$$

$$= 36,77 \text{ m}^3$$

- Volume bekisting lantai

$$= 0,25 \times \text{volume beton lantai}$$

$$= 0,25 \times 18,12 \text{ m}^3$$

$$= 4,53 \text{ m}^3$$

- Volume bekisting atap

$$= \text{volume bekisting lantai}$$

$$= 4,53 \text{ m}^3$$

- Volume bekisting antar kompartemen

$$\begin{aligned}
 &= 0,8 \times \text{volume beton antar kompartemen} \\
 &= 0,8 \times 20,57 \text{ m}^3 \\
 &= 16,46 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume total beton ABR dan AF

$$\begin{aligned}
 &= \text{Volume beton dinding} + \text{Volume beton lantai} + \text{Volume beton atap} + \text{Volume beton antara kompartemen} \\
 &= 45,96 \text{ m}^3 + 18,12 \text{ m}^3 + 18,12 \text{ m}^3 + 20,57 \text{ m}^3 \\
 &= 102,77 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Pembuatan bouwplank

$$\begin{aligned}
 &= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times 0,2 \text{ m} \\
 &= (3,8 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times (29,47 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times 0,2 \text{ m} \\
 &= 24,41 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Pemasangan trucuk bambu

$$\begin{aligned}
 &= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times \text{tinggi bambu} \\
 &= (3,8 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times (29,47 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times 0,2 \text{ m} \\
 &= 24,41 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Urugan pasir dipadatkan

$$\begin{aligned}
 &= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times \text{tinggi pasir} \\
 &= (3,8 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times (29,47 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times 0,1 \text{ m} \\
 &= 12,2 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Lantai kerja K-250

$$\begin{aligned}
 &= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times \text{tinggi lantai} \\
 &= (3,8 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times (29,47 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times 0,05 \text{ m} \\
 &= 6,1 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Kedalaman penanaman IPAL

$$\begin{aligned}
 &= \text{tinggi ABR} + (2 \times \text{tebal plat}) + \text{freeboard} \\
 &= 4,5 \text{ m} + (2 \times 0,15 \text{ m}) + 0,3 \text{ m} \\
 &= 5,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kedalaman galian tanah

$$\begin{aligned}
 &= \text{kedalaman penanaman IPAL} + \text{tinggi terucuk bambu} + \text{tinggi urugan pasir dipadatkan} + \text{tinggi lantai kerja} \\
 &= 5,1 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 0,1 \text{ m} + 0,05 \text{ m} \\
 &= 5,45 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sheet Pile

Pekerjaan pembuatan *sheet pile* menggunakan baja untuk pengaman galian agar tanah tidak longsor karena penanaman cukup dalam. Perhitungan volume pembuatan sheet pile dilakukan dengan cara sebagai berikut

Panjang sheet pile

$$\begin{aligned} &= \text{panjang total ABR \& AF} + 0,5 \times 2 \\ &= 29,47 + 0,5 \times 2 \\ &= 29,77 \text{ m} \end{aligned}$$

Lebar sheet pile

$$\begin{aligned} &= (\text{lebar total} + \text{lebar beton} \times 2) + 0,5 \times 2 \\ &= (3,8 + 0,15 \times 2) + 0,5 \times 2 \\ &= 5,1 \text{ m} \end{aligned}$$

Volume panjang sheet pile

$$\begin{aligned} &= \text{panjang} \times \text{lebar kayu} \times \text{kedalaman penanaman} \times 2 \\ &= 29,47 \text{ m} \times 0,06 \text{ m} \times 5,45 \text{ m} \times 2 \\ &= 19,27 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume lebar sheet pile

$$\begin{aligned} &= \text{lebar} \times \text{lebar kayu} \times \text{kedalaman penanaman} \times 2 \\ &= 5,1 \text{ m} \times 0,06 \text{ m} \times 5,45 \text{ m} \times 2 \\ &= 3,33 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume total sheet pile

$$\begin{aligned} &= 19,27 \text{ m}^3 + 3,33 \text{ m}^3 \\ &= 22,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pekerjaan penggalian tanah untuk konstruksi

Panjang = pekerjaan *sheet pile* = 29,77 m

Lebar = pekerjaan *sheet pile* = 5,1 m

Tinggi = 5,45 m

Volume penggalian tanah untuk konstruksi

$$\begin{aligned} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 29,77 \text{ m} \times 5,1 \text{ m} \times 5,45 \text{ m} \\ &= 827,46 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pengangkutan tanah dari lubang galian dalamnya lebih dari 1 m
= pekerjaan volume penggalian tanah untuk konstruksi
= 827,46 m³

Pengangkutan tanah keluar proyek
= pekerjaan volume penggalian tanah untuk konstruksi
= 827,46 m³

Aksesoris pipa

- Pipa vent = 1 buah x 9 = 9 buah
- Tee = 24 buah x 9 = 144 buah
- Elbow = 4 buah x 9 = 24 buah

Media sarang tawon

Volume media = panjang AF + lebar AF + tinggi media
= 4,32 m + 3,8 m + 2,8 m
= 45,96 m³

Cluster II

Panjang total ABR dan AF
= panjang bak pengendap + (panjang kompartemen x jumlah kompartemen) + panjang AF
= 6,6 m + (2,64 m x 6) + 4,23 m
= 26,67 m

Lebar = 3,3 m

H air = 4,4 m

Freeboard = 0,3 m

Tinggi = 4,7 m

Tebal beton = 0,15 m

Volume beton dinding

= 2 x (tinggi x tebal beton x lebar) + 2 x (tinggi ABR x tebal beton x panjang ABR dan AF)
= 2 x (4,7m x 0,15m x 3,3m) + 2 x (4,7m x 0,15m x 26,67m)
= 42,26 m³

Volume beton lantai

= [(panjang + (tebal x 9)) x [(lebar + (tebal x 2)) x tebal]
= [(26,67m + (0,15m x 9)) x [(3,3m + (0,15m x 2)) x 0,15 m

$$= 15,13 \text{ m}^3$$

Volume beton atap

= Volume beton lantai

$$= 15,13 \text{ m}^3$$

Volume beton antara kompartemen

= kompartemen ABR & AF + sekat *grease trap* – lubang pipa

= [jumlah kompartemen x (tebal x tinggi x lebar)] + [lebar x tinggi x tebal] – jumlah kompartemen x jumlah pipa per kompartemen x ($\pi \times ((d / 2)^2) \times \text{tebal}$)

$$= [7 \times (0,15\text{m} \times 4,7\text{m} \times 3,3\text{m})] + [3,3\text{m} \times 2,6\text{m} \times 0,15\text{m}] - 7 \times 5 \times (3,14 \times ((0,11\text{m} / 2)^2) \times 0,15\text{m})$$

$$= 17,52 \text{ m}^3$$

Pemasangan pipa air kotor 4"

Panjang di pasaran = 4 m

Panjang yang dibutuhkan = 3 m

Jumlah pipa yang dibutuhkan = 1 batang

Pemasangan pipa air kotor 4"

Panjang di pasaran = 4 m

Jumlah pipa yang dibutuhkan

= jumlah pipa per kompartemen x jumlah kompartemen x panjang pipa yang dibutuhkan / panjang pipa di pasaran

$$= 4 \text{ buah} \times 7 \text{ kompartemen} \times 3,4 \text{ m} / 4 \text{ m}$$

$$= 24 \text{ batang}$$

Volume bekisting

- Volume bekisting dinding

$$= 0,8 \times \text{Volume beton dinding}$$

$$= 0,8 \times 42,26 \text{ m}^3$$

$$= 33,8 \text{ m}^3$$

- Volume bekisting lantai

$$= 0,25 \times \text{volume beton lantai}$$

$$= 0,25 \times 15,13 \text{ m}^3$$

$$= 3,78 \text{ m}^3$$

- Volume bekisting atap

$$= \text{volume bekisting lantai}$$

$$= 3,78 \text{ m}^3$$

- Volume bekisting antar kompartemen
 $= 0,8 \times \text{volume beton antar kompartemen}$
 $= 0,8 \times 17,52 \text{ m}^3$
 $= 14 \text{ m}^3$

Volume total beton ABR dan AF

$$\begin{aligned} &= \text{Volume beton dinding} + \text{Volume beton lantai} + \text{Volume beton atap} + \text{Volume beton antara kompartemen} \\ &= 42,26 \text{ m}^3 + 15,13 \text{ m}^3 + 15,13 \text{ m}^3 + 17,52 \text{ m}^3 \\ &= 90,04 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pembuatan bouwplank

$$\begin{aligned} &= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times 0,2 \text{ m} \\ &= (3,3 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times (25,02 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times 0,2 \text{ m} \\ &= 20,17 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pemasangan trucuk bambu

$$\begin{aligned} &= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times \text{tinggi bambu} \\ &= (3,3 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times (25,02 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times 0,2 \text{ m} \\ &= 20,17 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Urugan pasir dipadatkan

$$\begin{aligned} &= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times \text{tinggi pasir} \\ &= (3,3 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times (25,02 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times 0,1 \text{ m} \\ &= 10,09 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Lantai kerja K-250

$$\begin{aligned} &= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times \text{tinggi lantai} \\ &= (3,3 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times (25,02 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times 0,05 \text{ m} \\ &= 5,04 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kedalaman penanaman IPAL

$$\begin{aligned} &= \text{tinggi ABR} + (2 \times \text{tebal plat}) + \text{freeboard} \\ &= 4,4 \text{ m} + (2 \times 0,15 \text{ m}) + 0,3 \text{ m} \\ &= 5 \text{ m} \end{aligned}$$

Kedalaman galian tanah

= kedalaman penanaman IPAL + tinggi terucuk bambu + tinggi urugan pasir dipadatkan + tinggi lantai kerja
= 5 m + 0,2 m + 0,1 m + 0,05 m
= 5,35 m

Sheet Pile

Pekerjaan pembuatan *sheet pile* menggunakan baja untuk pengaman galian agar tanah tidak longsor karena penanaman cukup dalam. Perhitungan volume pembuatan sheet pile dilakukan dengan cara sebagai berikut

Panjang sheet pile

= panjang total ABR & AF + 0,5 x 2
= 25,02 + 0,5 x 2
= 28,02 m

Lebar sheet pile

= (lebar total + lebar beton x 2) + 0,5 x 2
= (3,3 + 0,15 x 2) + 0,5 x 2
= 4,6 m

Volume panjang sheet pile

= panjang x lebar kayu x kedalaman penanaman x 2
= 28,02 m x 0,06 m x 5,35 m x 2
= 18 m³

Volume lebar sheet pile

= lebar x lebar kayu x kedalaman penanaman x 2
= 4,6 m x 0,06 m x 5,35 m x 2
= 2,95 m³

Volume total sheet pile

= 18 m³ + 2,95 m³
= 20,95 m³

Pekerjaan penggalian tanah untuk konstruksi

Panjang = pekerjaan *sheet pile* = 28,02 m

Lebar = pekerjaan *sheet pile* = 4,6 m

Tinggi = 5,35 m

Volume penggalian tanah untuk konstruksi

= panjang x lebar x tinggi
= 28,02 m x 4,6 m x 5,35 m
= 689,57 m³

Pengangkutan tanah dari lubang galian dalamnya lebih dari 1 m

= pekerjaan volume penggalian tanah untuk konstruksi
= 689,57 m³

Pengangkutan tanah keluar proyek

= pekerjaan volume penggalian tanah untuk konstruksi
= 689,57 m³

Aksesoris pipa

- Pipa vent = 1 buah x 2 = 2 buah
- Tee = 24 buah x 6 = 144 buah
- Elbow = 2 buah x 2 = 4 buah

Media sarang tawon

Volume media = panjang AF + lebar AF + tinggi media
= 4,23 m + 3,3 m + 2,75 m
= 38,4 m³

8.3 RAB SPAL

Hasil analisa HSPK yang digunakan untuk pekerjaan SPAL yang disajikan pada tabel yang terdapat pada lampiran. Setelah dilakukan perhitungan BOQ dan dilakukan analisa HSPK SPAL, maka dapat diketahui RAB SPAL seluruh *cluster* yang disajikan pada Tabel 8.5 dan 8.6,

Tabel 8. 5 RAB SPAL Cluster I

Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pembongkaran paving	m ²	14734,64	Rp9.220	Rp135.853.394
Galian	m ³	28271,05	Rp113.025	Rp3.195.335.892
Urugan Pasir	m ³	8830,34	Rp257.610	Rp2.274.783.425

Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Urugan Tanah Kembali	m ³	578,72	Rp81.050	Rp46.905.590
Pembuangan Tanah	m ³	19440,72	Rp53.750	Rp1.044.938.481
Pemasangan Pipa 4"	m	4756	Rp73.047	Rp347.418.546
Pemasangan Pipa 5"	m	951	Rp196.073	Rp186.507.311
Pemasangan Pipa 6"	m	190	Rp268.406	Rp51.062.282
Pemasangan Pipa 8"	m	127	Rp331.951	Rp42.100.770
Pemasangan Pipa 10"	m	63	Rp378.161	Rp23.980.787
Pemasangan Pipa 12"	m	89	Rp415.462	Rp36.884.637
Pemasangan Pipa 14"	m	76	Rp445.958	Rp33.936.097
Pemasangan Pipa 16"	m	51	Rp512.986	Rp26.024.461
Pemasangan Pipa 18"	m	38	Rp594.026	Rp22.601.818
Pasir Paving	m ³	442,04	Rp257.610	Rp113.873.729
Pemasangan Paving	m ²	14734,64	Rp239.850	Rp3.534.103.737
Total				Rp11.116.310.957

Tabel 8. 6 RAB SPAL Cluster II

Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pembongkaran paving	m ³	2567,61	Rp9.220	Rp23.673.406
Galian	m ³	4187,00	Rp113.025	Rp473.235.699
Urugan Pasir	m ³	1428,22	Rp257.610	Rp367.924.791
Urugan Tanah Kembali	m ³	58,85	Rp81.050	Rp4.769.642
Pembuangan Tanah	m ³	2758,78	Rp53.750	Rp148.284.220
Pemasangan Pipa 4"	m	1030	Rp73.047	Rp75.210.019
Pemasangan Pipa 5"	m	57	Rp196.073	Rp11.215.433
Pemasangan Pipa 6"	m	34	Rp268.406	Rp9.211.740
Pemasangan Pipa 8"	m	23	Rp331.951	Rp7.595.065
Pasir Paving	m ³	77,03	Rp257.610	Rp19.843.295
Pemasangan Paving	m ²	2567,61	Rp239.850	Rp615.842.340

Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Total				Rp1.756.805.650

8.4 RAB Bangunan Pelengkap

Setelah diketahui jumlah yang dibutuhkan, maka dapat ditentukan HSPK *manhole* yang disajikan pada Tabel 8.7.

Tabel 8. 7 HSPK 1 Unit *Manhole* Tipikal

Uraian	Satuan	Harga	
		Bahan	Upah
Bahan			
Galian Tanah	m ³		Rp113.025
Pasir Urug	m ³	Rp212.400	Rp45.210
Rabat Beton	m ³	Rp57.288	Rp10.041
Lantai kerja K-225	m ³	Rp815.948	Rp289.664
Dinding, Beton bertulang 1:2:3	m ³	Rp815.948	Rp289.664
Cover, Beton bertulang 1:2:3	m ³	Rp786.077	Rp343.988
Tutup, Beton bertulang 1:2:3	m ³	Rp287.807	Rp103.342
Jumlah		Rp2.975.468	Rp1.194.934
Total		Rp4.170.402	

Sumber: HSPK Kota Surabaya, 2018

Berikut merupakan HSPK dari unit bak kontrol yang didesain sama untuk seluruh rumah yang disajikan pada Tabel 8.8.

Tabel 8. 8 HSPK 1 Unit Bak Kontrol Tipikal

Uraian	Satuan	Harga	
		Bahan	Upah
Bahan			
Galian Tanah	m ³		Rp86.450
Pasir Urug	m ³	Rp180.240	Rp34.580
Pasangan 1/2 Bata 1:2	m ³	Rp157.995	Rp45.926

Uraian	Satuan	Harga	
		Bahan	Upah
Cover, Beton bertulang 1:2:3	m ³	Rp786.077	Rp343.988
Tutup, Beton bertulang 1:2:3	m ³	Rp287.807	Rp103.342
Lantai kerja K-225	m ³	Rp754.392	Rp168.640
Jumlah		Rp2.166.511	Rp782.926
Total		Rp2.949.438	

Sumber: HSPK Kota Surabaya, 2018

Berikut merupakan rencana anggaran biaya untuk bangunan pelengkap yang disesuaikan dengan HSPK Kota Surabaya Tahun 2018 yang disajikan pada Tabel 8.9

Tabel 8. 9 RAB Bangunan Pelengkap Seluruh Cluster

Cluster	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
	buah			
1	8386	Unit Bak Kontrol	Rp2.949.438	Rp24.733.982.959
2	1370			Rp4.040.729.389
1	405	Unit Manhole	Rp4.170.402	Rp1.689.012.733
2	81			Rp337.802.547
TOTAL				Rp30.801.527.627

8.5 RAB IPAL

Rencana Anggaran Biaya (RAB) Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) terdiri dari Rencana Anggaran Biaya Sumur Pengumpul, Bak Distribusi, *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR), *Anaerobic Filter* (AF), Bak Penyeduh Kaporit, Bak Pembubuh Kaporit dan Bak Kontak.

8.5.1 RAB Sumur Pengumpul, Bak Distribusi, Bak Penyeduh Kaporit, Bak Pembubuh Kaporit dan Bak Kontak

Pekerjaan yang dilakukan pada sumur pengumpul, bak distribusi, bak penyeduh kaporit, bak kontak dan bak pembubuh kaporit adalah sama, hanya saja pada sumur pengumpul terdapat

pompa, maka dari itu HSPK yang digunakan sama, berikut adalah HSPK sumur pengumpul, bak distribusi, bak penyeduh kaporit, bak kontak dan bak pembubuh kaporit dapat dilihat pada lampiran.

Setelah diketahui HSPK beserta uraian pekerjaannya, kemudian dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya sumur pengumpul, bak distribusi, bak penyeduh kaporit, bak kontak dan bak pembubuh kaporit. Hasil rekapitulasi dari unit sumur pengumpul disajikan pada Tabel 8.10 dan 8.11.

Tabel 8. 10 RAB Sumur Pengumpul *Cluster I*

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	m ³	786	Rp 113.025	Rp 88.837.650
Pengurugan pasir dengan pemadatan	m ³	14,16	Rp 257.610	Rp 3.647.758
Pekerjaan Beton K-225	m ³	84,74	Rp 1.128.291	Rp 95.611.379
Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi	m ³	77,25	Rp18.039	Rp 1.393.513
Pekerjaan pembesian dengan Besi beton (polos)	m ³	3729	Rp16.739	Rp 62.420.104
Pekerjaan Bekisting	m ²	40,79	Rp 283.070	Rp 11.546.425
Pemasangan pipa air kotor diameter 12"	m	2	Rp 415.462	Rp 830.923
Pengadaan pompa	buah	1	Rp 8.000.000	Rp 8.000.000
Total				Rp 272.287.752

Tabel 8. 11 RAB Sumur Pengumpul *Cluster II*

No	uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	m ³	206,5	Rp 113.025	Rp 23.339.662

No	uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
2	Pengurugan pasir dengan pemadatan	m ³	3,72	Rp 257.610	Rp 958.309
3	Pekerjaan Beton K-225	m ³	32,54	Rp 1.128.291	Rp 36.714.589
4	Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi	m ³	38,63	Rp18.039	Rp 696.846
5	Pekerjaan pembesian dengan Besi beton (polos)	m ³	1815	Rp 16.739	Rp 30.381.466
6	Pekerjaan Bekisting	m ²	19,47	Rp 283.070	Rp 5.511.372
7	Pemasangan pipa air kotor diameter 5"	m	2	Rp 196.073	Rp 392.146
8	Pengadaan pompa	buah	1	Rp 8.000.000	Rp 8.000.000
Total					Rp 105.994.393

Berikut ini adalah hasil rekapitulasi anggaran biaya dari unit bak distribusi untuk seluruh *cluster* yang disajikan pada Tabel 8.12 dan 8.13

Tabel 8. 12 RAB Bak Distribusi *Cluster* I

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	m ³	3,7	Rp113.025	Rp418.193
Pengurugan pasir dengan pemadatan	m ³	0,58	Rp257.610	Rp149.414
Pekerjaan Beton K-225	m ³	2,77	Rp1.128.291	Rp3.125.366
Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi	m ³	1,64	Rp18.039	Rp29.584
Pekerjaan pembesian dengan Besi beton (polos)	m ³	142,56	Rp16.739	Rp2.386.326

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pekerjaan Bekisting	m ²	1,43	Rp283.070	Rp404.790
Pemasangan pipa air kotor diameter 4"	m	9	Rp73.047	Rp657.427
Total				Rp7.171.100

Tabel 8. 13 RAB Bak Distribusi *Cluster II*

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	m ³	1,4	Rp113.025	Rp158.235
Pengurugan pasir dengan pemadatan	m ³	0,26	Rp257.610	Rp66.979
Pekerjaan Beton K-225	m ³	1,07	Rp1.128.291	Rp1.207.271
Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi	m ³	0,86	Rp18.039	Rp15.514
Pekerjaan pembesian dengan Besi beton (polos)	m ³	46,2	Rp16.739	Rp773.346
Pekerjaan Bekisting	m ²	0,51	Rp283.070	Rp144.366
Pemasangan pipa air kotor diameter 4"	m	2	Rp73.047	Rp146.095
Total				Rp2.511.806

Berikut ini adalah hasil rekapitulasi anggaran biaya dari unit bak penyeduh kaporit untuk seluruh *cluster* yang disajikan pada Tabel 8.14 dan 8.15

Tabel 8. 14 RAB Bak Penyeduh Kaporit *Cluster I*

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Penggalian tanah biasa	m ³	4,1	Rp113.025	Rp463.403

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
untuk konstruksi				
Pengurugan pasir dengan pemadatan	m ³	0,62	Rp257.610	Rp159.718
Pekerjaan Beton K-225	m ³	2,7	Rp1.128.291	Rp3.046.386
Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi	m ³	1,45	Rp18.039	Rp26.157
Pekerjaan pembesian dengan Besi beton (polos)	m ³	125,4	Rp16.739	Rp2.099.083
Pekerjaan Bekisting	m ²	1,3	Rp283.070	Rp367.991
Total				Rp6.162.737

Tabel 8. 15 RAB Bak Penyeduh Kaporit Cluster II

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	m ³	1,4	Rp113.025	Rp158.235
Pengurugan pasir dengan pemadatan	m ³	0,26	Rp257.610	Rp66.979
Pekerjaan Beton K-225	m ³	1,12	Rp1.128.291	Rp1.263.686
Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi	m ³	0,86	Rp18.039	Rp15.514
Pekerjaan pembesian dengan Besi beton (polos)	m ³	52,8	Rp16.739	Rp883.824

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pekerjaan Bekisting	m ²	0,54	Rp283.070	Rp152.858
Total				Rp2.541.095

Berikut ini adalah hasil rekapitulasi anggaran biaya dari unit bak kontak untuk seluruh *cluster* yang disajikan pada Tabel 8.16 dan 8.17

Tabel 8. 16 RAB Bak Kontak *Cluster* I

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	m ³	119,76	Rp113.025	Rp13.535.874
Pengurugan pasir dengan pemadatan	m ³	5,1	Rp257.610	Rp1.313.811
Pekerjaan Beton K-225	m ³	21,02	Rp1.128.291	Rp23.716.677
Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi	m ³	15,7	Rp18.039	Rp283.212
Pekerjaan pembesian dengan Besi beton (polos)	m ³	910,8	Rp16.739	Rp15.245.972
Pekerjaan Bekisting	m ²	9,8	Rp283.070	Rp2.774.086
Pemasangan pipa air kotor diameter 16"	m	1	Rp512.986	Rp512.986
Total				Rp57.382.618

Tabel 8. 17 RAB Bak Kontak *Cluster II*

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	m ³	24,76	Rp113.025	Rp2.798.499
Pengurugan pasir dengan pemadatan	m ³	1,05	Rp257.610	Rp270.491
Pekerjaan Beton K-225	m ³	5,96	Rp1.128.291	Rp6.724.614
Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi	m ³	8,67	Rp18.039	Rp156.398
Pekerjaan pembesian dengan Besi beton (polos)	m ³	366,3	Rp16.739	Rp6.131.532
Pekerjaan Bekisting	m ²	3,32	Rp283.070	Rp939.792
Pemasangan pipa air kotor diameter 10"	m	1	Rp378.161	Rp378.161
		Total		Rp17.399.488

Berikut ini adalah hasil rekapitulasi anggaran biaya dari unit bak penyeduh kaporit untuk seluruh *cluster* yang disajikan pada Tabel 8.18 dan 8.19

Tabel 8. 18 RAB Bak Pembubuh Kaporit *Cluster I*

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pekerjaan Beton K-225	m ³	3,18	Rp1.128.291	Rp3.587.965
Pekerjaan pembesian dengan Besi beton (polos)	m ³	349,8	Rp16.739	Rp5.855.337
Pekerjaan Bekisting	m ²	1,61	Rp283.070	Rp455.743
Pengadaan profil tank 900 L	L	1	Rp1.919.000	Rp1.919.000

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Total				Rp11.818.045

Tabel 8. 19 RAB Bak Pembunuh Kaporit Cluster II

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pekerjaan Beton K-225	m ³	1,36	Rp1.128.291	Rp1.534.476
Pekerjaan pembesian dengan Besi beton (polos)	m ³	150,15	Rp16.739	Rp2.513.376
Pekerjaan Bekisting	m ²	0,7	Rp283.070	Rp198.149
Pengadaan profil tank 900 L	L	1	Rp1.425.000	Rp1.425.000
Total				Rp5.671.001

8.5.2 RAB ABR dan AF

Setelah diperoleh perhitungan kuantitas, maka dapat dilakukan analisa HSPK untuk pekerjaan ABR & AF yang dapat dilihat pada lampiran. Setelah diketahui HSPK beserta uraian pekerjaannya, kemudian dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya unit ABR & AF. Hasil rekapitulasi dari unit ABR & AF disajikan pada Tabel 8.20 dan 8.21

Tabel 8. 20 RAB ABR & AF Cluster I

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi	m ²	827,46	Rp 113.025,00	Rp 93.523.666,50
Pengangkutan Tanah Dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1m	m ³	827,46	Rp 23.032,50	Rp 19.058.472,45

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pengangkutan Tanah Keluar Proyek	m ³	827,46	Rp 53.750,00	Rp 44.475.975,00
Pemasangan (Sewa) Sheet Pile Baja (Tinggi = 6 m) untuk Pengaman Galian / Tebing Pekerjaan Beton K-100	m ³	22,6	Rp 846.693,76	Rp 19.135.278,98
Pembuatan Blowplank / Titik	m ³	24,41	Rp 111.090,50	Rp 2.711.719,11
Pemasangan Trucuk Bambu f 10 s/d 12 P.3m	m	24,41	Rp 37.817,50	Rp 923.125,18
Pengurugan Pasir Padat	m	12,2	Rp 257.610,00	Rp 3.142.842,00
Lantai Kerja K-250	m ³	6,1	Rp 301.766,37	Rp 1.840.774,88
Pekerjaan Bekisting Lantai	m ³	4,53	Rp 406.201,50	Rp 1.840.092,80
Pekerjaan Bekisting Atap	m ³	4,53	Rp 406.201,50	Rp 1.840.092,80
Pekerjaan Bekisting Dinding	m ³	53,23	Rp 396.255,00	Rp 21.092.653,65
Pekerjaan Beton K-250	m ³	102,77	Rp 1.122.215,85	Rp 115.330.122,90

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 4"	batang	25	Rp 73.332,22	Rp 1.833.305,38
Pemasangan Aksesoris Pipa Air Kotor Cluster I	buah	144	Rp 159.250,00	Rp 22.932.000,00
Pemasangan Media Sarang Tawon	m ³	45,96	Rp 752.415,00	Rp 34.580.993,40
Total				Rp 384.261.115,00

Tabel 8. 21 RAB ABR & AF Cluster II

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi	m ²	689,57	Rp 113.025,00	Rp 77.938.649,25
Pengangkutan Tanah Dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1m	m ³	689,57	Rp 23.032,50	Rp 15.882.521,03
Pengangkutan Tanah Keluar Proyek	m ³	689,57	Rp 53.750,00	Rp 37.064.387,50
Pemasangan (Sewa) Sheet Pile Baja (Tinggi = 6 m) untuk Pengaman Galian / Tebing	m ³	20,95	Rp 846.693,76	Rp 17.738.234,27

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pekerjaan Beton K-100				
Pembuatan Blowplank / Titik	m ³	20,17	Rp 111.090,50	Rp 2.240.695,39
Pemasangan Trucuk Bambu f 10 s/d 12 P.3m	m	20,17	Rp 37.817,50	Rp 762.778,98
Pengurugan Pasir Padat	m	10,09	Rp 257.610,00	Rp 2.599.284,90
Lantai Kerja K-250	m ³	5,04	Rp 301.766,37	Rp 1.520.902,52
Pekerjaan Bekisting Lantai	m ³	3,78	Rp 406.201,50	Rp 1.535.441,67
Pekerjaan Bekisting Atap	m ³	3,78	Rp 406.201,50	Rp 1.535.441,67
Pekerjaan Bekisting Dinding	m ³	47,8	Rp 396.255,00	Rp 18.940.989,00
Pekerjaan Beton K-250	m ³	90,04	Rp 1.122.215,85	Rp 101.044.315,13
Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 4"	batang	25	Rp 73.332,22	Rp 1.833.305,38
Pemasangan Aksesoris Pipa Air Kotor Cluster II	buah	144	Rp 159.250,00	Rp 22.932.000,00

uraian pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pemasangan Media Sarang Tawon	buah	38,4	Rp 752.415,00	Rp 28.892.736,00
Total				Rp 332.461.682,68

8.6 Total RAB SPAL dan IPAL

Setelah diketahui perhitungan biaya anggaran jaringan SPAL dan IPAL. Berikut adalah perhitungan investasi total yang disajikan pada Tabel 8.22

Tabel 8. 22 Total Biaya Investasi SPAL & IPAL

Uraian	Cluster I	Cluster II
SPAL	Rp 11.116.310.957	Rp 1.756.805.650
Bangunan Pelengkap	Rp 26.422.995.692	Rp 4.378.531.935
Sumur pengumpul	Rp 272.287.752	Rp 105.994.393
Bak Distribusi	Rp 7.171.100	Rp 2.511.806
ABR & AF	Rp 384.261.115,00	Rp 332.461.682,68
Bak Penyeduh Kaporit	Rp 6.162.737	Rp 2.541.095
Bak Pembubuh Kaporit	Rp 11.818.045	Rp 5.671.001
Bak kontak	Rp 57.382.618	Rp 17.399.488
Total per Cluster	Rp 38.045.054.966	Rp 6.520.566.533
TOTAL	Rp 44.880.027.455	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 9

OPERASI DAN PEMELIHARAAN

9.1 Operasi dan Pemeliharaan

Dalam kegiatan pengelolaan jaringan penyaluran air limbah komunal perlu dibentuk organisasi Operasi dan Pemeliharaan demi terciptanya kesinambungan sarana yang ada. Organisasi ini mengawali visi dan misi untuk menciptakan sarana sanitasi yang layak di daerah setempat. Anggota dari organisasi ini harus beranggotakan masyarakat pengguna sarana sanitasi yang ingin dibangun (warga setempat). Masyarakat adalah subjek utama dalam memelihara sistem pengelolaan air limbah ketika hasil perencanaan direalisasikan. Masyarakat yang terlayani sebagai pengguna menjadi pihak yang mengetahui pertama kali ketika terjadi masalah sehingga mereka perlu diberikan pengetahuan tentang pengoperasian dan pemeliharaan sistem pengelolaan air limbah yang ada di lingkungan mereka. Mereka adalah orang-orang yang punya andil untuk mengawal proses pembangunan sarana IPAL komunal mulai dari proses penyusunan ide hingga proses konstruksi dan implementasinya. Partisipasi aktif dari masyarakat sangat dibutuhkan untuk memelihara SPAL dan IPAL yang nantinya akan dibangun, maka dibutuhkan sebuah wadah organisasi sebagai penanggung jawab pengelolaan sehari-hari. Organisasi Operasi dan Pemeliharaan pada umumnya disebut Kelompok Pemanfaat dan Pemelihara (KPP), melibatkan baik warga laki-laki atau perempuan, karena perempuan merupakan pengguna utama dalam kegiatan sehari-hari. Menurut (KemenPU, 2013), secara umum tugas pokok KPP adalah

1. Menyusun rencana kerja, mekanisme operasional dan pemeliharaan SPAL dan IPAL komunal.
2. Mengumpulkan dan mengelola dana untuk biaya operasional dan pemeliharaan yang diperoleh dari iuran anggota dan pihak-pihak lain.
3. Mengoperasikan dan memelihara SPAL dan IPAL komunal.
4. Meningkatkan mutu pelayanan dan jumlah pengguna/pemanfaat.
5. Melakukan kampanye kesehatan.

KPP dibentuk dalam musyawarah bersama warga RT atau RW setempat dan ditetapkan oleh Lurah dalam surat keputusan Lurah. Selain itu untuk memenuhi kebutuhan masyarakat tentang teknologi sanitasi yang ada, pengurus KPP dan warga perlu mendapat pelatihan dan sosialisasi tentang cara pengoperasian dan pemeliharaan agar sarana SPAL dan IPAL komunal dapat berfungsi dengan baik. Pada implementasinya, setiap aturan-aturan atau keputusan organisasi wajib dimusyawarahkan antar pengurus RT dan anggota KPP agar semua pihak dapat mengetahui dan mematuhi. Secara umum, aspek yang perlu diperhatikan dalam menjaga kesinambungan teknologi sanitasi yang ada di masyarakat adalah pengelolaan sarana dan prasarana, penyuluhan, pedoman, pemeliharaan, pendanaan dan dukungan dari pemerintah kota.

9.2 Tata Cara Pengoperasian

Tata cara operasional merupakan standar yang mengatur pengoperasian suatu alat mengenai cara kerja maupun tahap-tahap urutan dalam mengerjakan sesuatu. Jaringan SPAL dan IPAL akan beroperasi dengan baik apabila limbah-limbah yang masuk ke dalam jaringan perpipaan adalah air limbah kakus dan non kakus saja. Maka dibutuhkan SOP dalam pengoperasian dan pemeliharaan jaringan SPAL dan bangunan IPAL untuk menghindari adanya kerusakan. Dalam hal ini SOP ditujukan untuk pengguna yaitu masyarakat dan operator IPAL.

SOP pengguna:

1. Tidak membuang limbah padat kedalam jaringan pipa air limbah dan bangunan pelengkap yang menyebabkan tersumbat.
2. Tidak membuang minyak bekas ke saluran pembuangan karena ketika mengering lemaknya dapat menyumbat pipa.
3. Tidak membuang limbah cair berbahan kimia kedalam jaringan pipa air limbah dan bangunan pelengkap yang menyebabkan membunuh bakteri dalam air limbah.
4. Tidak menanam pohon di dekat saluran perpipaan karena dapat merusak pipa.
5. Bertanggung jawab merawat bak kontrol di rumah masing-masing minimal membersihkan 3 hari sekali.
6. Menggunakan sabun dan alat pembersih lain sewajarnya.

7. Menggelontor pipa air limbah dari rumah dengan air bersih sebanyak 10 liter atau satu ember ukuran standar di pagi hari dan malam hari. Penyampaian himbauan penggelontoran dilakukan melalui sosialisasi kepada warga.

SOP Operator:

SOP Operator merupakan prosedur operator dalam mengoperasikan suatu sistem yang terdiri dari SOP SPAL, penggelontoran, pompa, sumur pengumpul, ABR dan AF. Berikut merupakan SOP operator:

SOP SPAL:

1. pembersihan saluran diintensifkan, terutama pembilasan air dari terminal *clean out* dan penggelontor dilaksanakan sesuai jadwal.
2. lubang udara (*vent*) yang terdapat pada tutup *manhole* dijaga agar tidak tersumbat untuk mempertahankan sirkulasi udara pada jaringan pengumpul.
3. menjaga tutup *manhole* selalu tertutup dan dikunci.
4. *Updating* gambar sistem jaringan pipa yang menunjukkan arah aliran, lokasi dan tata letak *manhole*, sambungan rumah dan fasilitas lainnya, serta kemiringan pipa.
5. Inventarisasi bagian jalur pipa yang sering mengalami gangguan.
6. perencanaan dan penjadwalan perencanaan operasi untuk memperkecil gangguan dan koreksi hal yang tidak efisien.
7. penempatan tenaga cakap dan terampil, agar sistem pipa dipelihara dengan baik sebelum terjadi permasalahan atau bahkan kerusakan berat.

SOP Penggelontoran:

Penggelontoran dilaksanakan saat debit aliran minimal, yang kedalaman renang air limbah tidak cukup untuk membersihkan tinja/endapan padat. Volume air pada bak penggelontor disesuaikan dengan volume air yang dibutuhkan untuk penggelontoran sesuai dengan Permen PUPR 4/2017 Melalui pipa lateral air penggelontor dari truk tangki air/pemadam kebakaran dapat dimasukkan ke dalam terminal pembersihan (terminal *cleanout*), dengan debit 15 liter/detik, selama (5 – 15) menit, atau sesuai perencanaan. Penggelontoran melalui pintu

penyadap yang dipasang pada inlet dan outlet pipa di setiap bukaan di dalam *manhole*. Pintu segera dibuka begitu terjadi akumulasi endapan di dalam suatu seksi pipa. Perlu dipasang perlengkapan penyadap seperti *bar screen*, bangunan ukur, bangunan pelimpah (*by pass*) dan pintu sadap. Metode penggelontoran lama yang dilaksanakan dengan membendung salah satu seksi pipa untuk beberapa saat sangat tidak dianjurkan

SOP Pompa:

1. Pastikan listrik (dari PLN atau Genset) mengalir menuju ke kontrol panel yang ditunjukkan dengan lampu indikator yang sudah menyala.
2. Pastikan *gauge suction* menunjukkan volume air sudah cukup untuk dipompa. Sebaiknya dicek juga secara visual air yang ada di *wet well* sudah mencukupi.
3. Pompa sudah siap dioperasikan secara manual atau otomatis.
4. Pada saat pompa dihidupkan *check valve* akan terbuka perlahan sampai penuh (yang memakai *dashpot*).
5. Periksa *ampere meter* apakah sudah sesuai dengan spesifikasinya.
6. Setelah air habis (*low level*) pompa akan mati, *check valve* akan menutup dengan sendirinya.
7. Indikator *Trip*, akan menyala jika pompa ada kendala seperti *overload*, tegangan/voltase terlalu tinggi, dan kehilangan fasa.

SOP Sumur Pengumpul:

1. Selalu dipantau tinggi permukaan air melalui alat pemeriksaan *water level*. Selain itu memantau tingkat kebocoran, dengan mengetahui tinggi muka air dalam sumur pengumpul bisa melakukan pengecekan debit limbah telah sesuai dengan perencanaan atau belum.
2. Periksa *inlet* dan *outlet* pipa untuk memastikan air limbah domestik mengalir secara kontinu. Secara berkala, bersihkan endapan lumpur yang terdapat di dalam sumur pengumpul.
3. Periksa apakah platform berdiri sesuai dengan kondisi perencanaan. Periksa kondisi *screen* setidaknya memiliki kemiringan sudut 60o atau lebih terhadap arah horizontal

SOP ABR dan AF:

1. Setiap 6 bulan sekali buang kotoran padat dan kotoran yang mengapung tepat di bawah *manhole*. Mulai dari inlet, kompartemen 1 dilanjutkan ke kompartemen berikutnya.
2. Ambil kotoran tepat di bawah *manhole* dan gunakan pengeruk manual untuk mengumpulkan kotoran tepat di bawah *manhole*.
3. Keluarkan semua kotoran yang terkumpul sampai tidak ada yang tersisa.
4. Perbaiki semua kebocoran secepat mungkin dan lihat penyebabnya sehingga masalah dapat segera diatasi.
5. Setiap 6 bulan sekali lakukan tes kualitas air limbah domestik, dengan cara mengambil 2 sampel air limbah dari *inlet* dan *outlet*, setiap 2 liter dalam botol terpisah, selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pemeriksaan pH, BOD, COD, TSS, dan lemak

Pembersihan filter dilaksanakan dengan menjalankan sistem dalam mode aliran terbalik (*backwash*) untuk menghilangkan akumulasi biomassa dan partikel yang melekat pada filter atau dilakukan dengan cara mengeluarkan media dari filter kemudian mencuci media secara manual

9.3 Biaya Retribusi

Dalam pengoperasian dan pemeliharaan tentunya dibutuhkan biaya, maka pengguna yaitu masyarakat diwajibkan berpartisipasi melalui biaya retribusi yang dikelola oleh organisasi lingkungan yang telah didirikan. Masyarakat merupakan subjek utama sehingga dibebani biaya retribusi, disini lain biaya retribusi bertujuan agar masyarakat mempunyai rasa memiliki sehingga timbul kesadaran dan kepedulian, tentunya dengan kemampuan ekonomi dari masyarakat pengguna. Berikut adalah rincian pengeluaran dana operasi dan pemeliharaan jaringan SPAL dan IPAL yang disajikan pada Tabel 9.1 dan 9.2

Tabel 9. 1 Biaya Operasi & Pemeliharaan Cluster I

Rincian Pengeluaran	Biaya Retribusi	Biaya per Bulan
Penggelontoran dan inspeksi SPAL/bulan	Rp2.000.000	Rp2.000.000
pemeriksaan sampel effluen/3 bulan	Rp450.000	Rp150.000
Listrik dari pompa	Rp1.000.000	Rp1.000.000
Pembelian kaporit per hari	Rp800.000	Rp24.000.000
pengurasan lumpur/6 bulan	Rp9.000.000	Rp1.500.000
Gaji operator (3) /bulan	Rp3.000.000	Rp9.000.000
Jumlah		Rp37.650.000

Tabel 9. 2 Biaya Operasi & Pemeliharaan Cluster II

Rincian Pengeluaran	Biaya Retribusi	Biaya per Bulan
Penggelontoran dan inspeksi SPAL/bulan	Rp800.000	Rp800.000
pemeriksaan sampel effluen/3 bulan	Rp450.000	Rp150.000
Listrik dari pompa	Rp850.000	Rp850.000
Pembelian kaporit per hari	Rp150.000	Rp4.500.000
pengurasan lumpur/6 bulan	Rp3.000.000	Rp500.000
Gaji operator (2) /bulan	Rp3.000.000	Rp6.000.000
Jumlah		Rp12.800.000

Setelah diperoleh jumlah biaya retribusi bulanan, maka dapat diketahui berapa jumlah biaya iuran warga perbulan berdasarkan jumlah kepala keluarga.

Total Biaya OM = Rp 50.450.000

Jumlah KK = 9756 KK

Biaya retribusi = Total biaya OM / Jumlah KK

= Rp 50.450.000 / 9756 KK

= Rp 5.171,17 /KK ≈ Rp 6.000 /KK

Dari hasil perhitungan diperoleh angka rata - rata Rp. 6.000 /KK bulan.

BAB 10

ANALISIS KELAYAKAN EKONOMI

Analisis kelayakan ekonomi IPAL perlu dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara biaya yang dikeluarkan dan manfaat ekonomi yang akan didapatkan. Perhitungan kelayakan dilakukan dengan melihat komponen *inflow* dan *outflow* yang didiskontokan dengan menggunakan suku bunga pinjaman sebesar 12%. Komponen *inflow* dilihat dari manfaat ekonomi yang dihasilkan sedangkan komponen *outflow* dilihat dari biaya biaya yang dikeluarkan selama periode umur IPAL. Periode umur dihitung berdasarkan umur IPAL domestik yang diperoleh dari keterangan Permen PUPR no.4 tahun 2017, yaitu selama 20 tahun. Sebagai produk samping dari Instalasi Pengolahan Air Limbah adalah berupa lumpur organik yang dihasilkan pada unit pengolahan air limbah yaitu ABR dan AF. Lumpur sebagai produk samping dari instalasi pengolahan air limbah domestik, kaya akan bahan-bahan organik yang dapat membantu proses pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik. Manfaat Nyata (Tangible Benefit) Manfaat nyata adalah manfaat yang dapat diukur dalam bentuk suatu nilai uang. Contoh manfaat nyata dengan dibangunnya IPAL ini adalah pendapatan penduduk di sekitar lokasi IPAL bertambah karena hasil dari penyerapan tenaga kerja untuk pembibitan tanaman dan pengolahan pupuk organik.

Manfaat tidak nyata adalah manfaat dari suatu proyek yang tidak dapat diukur, tetapi dapat dirasakan dan diyakini ada manfaatnya. Contoh dari manfaat tidak nyata ini adalah keberadaan IPAL ini sangat membantu pemerintah Kota Surabaya dalam usaha meningkatkan kualitas lingkungan permukiman pada wilayah perkotaan. Hal ini disebabkan air limbah domestik tidak langsung dibuang ke sungai sehingga estetika lingkungan baik disekitar permukiman maupun disekitar daerah aliran sungai akan tetap terjaga termasuk pula penurunan pencemaran air tanah dapat diminimalisir.

10.1 Analisis Benefit Cost Ratio (BCR)

Analisis *Benefit Cost Ratio* (BCR) merupakan suatu analisis yang diperlukan untuk melihat sejauh mana perbandingan antara nilai manfaat terhadap nilai biaya dilihat pada kondisi nilai

sekarang. Pada perhitungan analisis BCR ini digunakan nilai manfaat yang dihitung antara lain pupuk organik, pembibitan tanaman, sedot WC , biaya berobat, kenaikan produktifitas, biaya subsidi obat dan perbaikan lingkungan, sedangkan untuk nilai biayanya yaitu biaya investasi dan biaya OM. Berdasarkan hasil survei harga pupuk humus/organik dipasaran Rp.10.000 per kemasan seberat 25 kg. Maka nilai manfaat dari pengolahan lumpur menjadi pupuk adalah sebesar Rp.1.424.434.400 setiap tahun. Sebagai salah satu pemanfaatan produk dari Instalasi Pengolahan Air Limbah yaitu pupuk organik selain dijual dapat juga dimanfaatkan untuk pembibitan tanaman baik tanaman hias maupun tanaman keras. Jenis tanaman yang bisa dikembangkan adalah sebagai berikut : Tanaman keras meliputi Palm jantan dan glodokan. Palm jantan dan glodokan merupakan jenis tanaman yang sering digunakan sebagai penghijauan. Oleh karena itu jenis tanaman ini mempunyai nilai jual yang cukup tinggi. Harga palm jantan dan glodokan umur enam bulan dipasaran masing-masing 60.000 dan 10.000 per batang. Berdasarkan survei lapangan bahwa rumah pembibitan tanaman keras dengan ukuran 5 x 10 m dapat menampung tanaman sebanyak 150 tanaman maka besarnya manfaat adalah sebagai berikut:

Tanaman palm jantan :

$$100 \times (12/6) \times \text{Rp.}60.000 = \text{Rp.}12.000.000 \text{ per tahun}$$

Tanaman glodokan :

$$50 \times (12/6) \times \text{Rp.}10.000 = \text{Rp.}1.000.000 \text{ per tahun}$$

Tanaman hias, berbagai macam tanaman hias dapat dikembangkan yaitu lamtana, lavender, erepah, cemara perak, mawar, kaktus, variasoto, portulata, beuty taiwan dan lain lain. Jenis tanaman hias ini mempunyai nilai jual biasanya umur tiga bulan seharga 3000 per tanaman Berdasarkan survei lapangan bahwa rumah pembibitan tanaman hias dengan ukuran 5 x 10 m dapat menampung tanaman sebanyak 300 tanaman maka besarnya manfaat adalah $300 \times (12/3) \times \text{Rp.}3000 = \text{Rp.}3.600.000$ per tahun.

Masyarakat tidak perlu melakukan pengurusan septik tank karena kotoran dari WC akan masuk ke pipa saluran air limbah dan selanjutnya disalurkan ke unit pengolahan. Jika biaya pengurusan per m³ sebesar Rp.100.000, maka manfaat IPAL bisa menghilangkan biaya pengurusan tersebut sebesar Rp.200.000

setiap tiga tahun dengan asumsi volume septik tank 2 m^3 dan pengurasan dilakukan tiga tahun sekali maka nilai manfaat setiap dua tahun adalah $48.782 \times \text{Rp}.200.000 = \text{Rp}.9.756.400.000$. Jadi nilai manfaat setiap tahunnya sebesar $\text{Rp}.3.252.133.333$.

Selain itu dengan dibangunnya SPAL dan IPAL ini dapat meningkatkan kualitas lingkungan permukiman, sehingga masyarakat yang sebelumnya sering mengalami sakit diare dan demam berdarah dapat tereduksi dikarenakan kualitas lingkungan yang membaik. Dari hasil survei diketahui setiap KK mengeluarkan uang sebesar $\text{Rp}.50.000$ per tahun untuk biaya pengobatan. Sehingga biaya berobat total seluruh warga Putat Jaya selama 1 tahun yaitu $48.782 \times \text{Rp}.50.000 = \text{Rp}.2.439.100.000$. Dengan membaiknya tingkat kesehatan masyarakat maka akan meningkatkan produktifitas masyarakat dalam bekerja. Diketahui nilai produktifitas sebesar $\text{Rp}.100.000$ per orang tahun. Sehingga nilai produktifitas selama 1 tahun sebesar $48.782 \times \text{Rp}.100.000 = \text{Rp}.4.878.200.000$.

Kesehatan masyarakat membaik maka subsidi obat untuk masyarakat yang dikeluarkan Pemda juga akan berkurang nilai subsidi obat yaitu $\text{Rp}.50.000$ per orang tahun. Sehingga nilai subsidi obat selama 1 tahun yaitu $48.782 \times \text{Rp}.50.000 = \text{Rp}.2.439.100.000$. Selain itu dengan dibangunnya SPAL dan IPAL kualitas lingkungan jadi membaik sehingga biaya perbaikan lingkungan dapat tereduksi, biaya perbaikan lingkungan yaitu sebesar $\text{Rp}.12.000.000$ per hektar tahun. Sehingga biaya perbaikan selama 1 tahun yaitu $\text{Rp}.12.000.000 \times 136 = \text{Rp}.1.632.000.000$. Sehingga diperoleh total nilai manfaat per tahunnya adalah $\text{Rp}.1.424.434.400 + \text{Rp}.12.000.000 + \text{Rp}.1.000.000 + \text{Rp}.3.600.000 + \text{Rp}.3.252.133.333 + \text{Rp}.2.439.100.000 + \text{Rp}.4.878.200.000 + \text{Rp}.2.439.100.000 + \text{Rp}.1.632.000.000 = \text{Rp}16.072.567.733$.

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan nilai manfaat dan nilai biaya per tahun dengan asumsi kenaikan baik nilai manfaat maupun nilai biaya yaitu sebesar 5% per tahun dan nilai *discount factor* sebesar 12%. Hasil perhitungan nilai biaya dan nilai manfaat dapat dilihat pada Tabel 10.1

Tabel 10. 1 Total Nilai Biaya dan Manfaat

Tahun	Biaya Investasi	Biaya O&M	Manfaat	DF	Nilai Biaya	Nilai Manfaat
2019	Rp44.880.027.455	-	-	1	Rp44.880.027.455	-
2019	-	Rp605.400.000	Rp16.072.567.733	0,8929	Rp540.535.714	Rp14.350.506.904
2020	-	Rp635.670.000	Rp16.876.196.120	0,7972	Rp506.752.232	Rp13.453.600.223
2021	-	Rp667.453.500	Rp17.720.005.926	0,7118	Rp475.080.218	Rp12.612.750.209
2022	-	Rp700.826.175	Rp18.606.006.222	0,6355	Rp445.387.704	Rp11.824.453.321
2023	-	Rp735.867.484	Rp19.536.306.533	0,5674	Rp417.550.973	Rp11.085.424.988
2024	-	Rp772.660.858	Rp20.513.121.860	0,5066	Rp391.454.037	Rp10.392.585.927
2025	-	Rp811.293.901	Rp21.538.777.953	0,4523	Rp366.988.159	Rp9.743.049.306
2026	-	Rp851.858.596	Rp22.615.716.850	0,4039	Rp344.051.399	Rp9.134.108.725
2027	-	Rp894.451.526	Rp23.746.502.693	0,3606	Rp322.548.187	Rp8.563.226.929
2028	-	Rp939.174.102	Rp24.933.827.827	0,3220	Rp302.388.925	Rp8.028.025.246
2029	-	Rp986.132.807	Rp26.180.519.219	0,2875	Rp283.489.617	Rp7.526.273.668
2030	-	Rp1.035.439.447	Rp27.489.545.180	0,2567	Rp265.771.516	Rp7.055.881.564
2031	-	Rp1.087.211.420	Rp28.864.022.439	0,2292	Rp249.160.797	Rp6.614.888.966
2032	-	Rp1.141.571.991	Rp30.307.223.561	0,2046	Rp233.588.247	Rp6.201.458.406
2033	-	Rp1.198.650.590	Rp31.822.584.739	0,1827	Rp218.988.981	Rp5.813.867.256
2034	-	Rp1.258.583.120	Rp33.413.713.976	0,1631	Rp205.302.170	Rp5.450.500.552

Tahun	Biaya Investasi	Biaya O&M	Manfaat	DF	Nilai Biaya	Nilai Manfaat
2035	-	Rp1.321.512.276	Rp35.084.399.674	0,1456	Rp192.470.784	Rp5.109.844.268
2036	-	Rp1.387.587.890	Rp36.838.619.658	0,1300	Rp180.441.360	Rp4.790.479.001
2037	-	Rp1.456.967.284	Rp38.680.550.641	0,1161	Rp169.163.775	Rp4.491.074.063
2038	-	Rp1.529.815.648	Rp40.614.578.173	0,1037	Rp158.591.039	Rp4.210.381.934
TOTAL					Rp51.149.733.292	Rp166.452.381.457

Selanjutnya dihitung nilai BCR dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{BCR} &= \frac{\text{Nilai Sekarang Benefit}}{\text{Nilai Sekarang Biaya}} \\ &= \frac{\text{Rp. 66.452.381.457}}{\text{Rp. 51.149.733.292}} \\ &= 3,25\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa proyek layak diterima atau dilaksanakan. Jadi dari sisi sosial ekonomi, pembangunan SPAL dan IPAL domestik di Kelurahan Putat Jaya, Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya dengan metode *benefit cost ratio*, layak untuk dilaksanakan karena nilai BCR >1 yaitu 3,25.

BAB 11

KESIMPULAN & SARAN

11.1 Kesimpulan

Kesimpulan akhir yang dapat diambil dalam perencanaan dengan ini diantaranya:

1. Perencanaan SPAL dan IPAL

- a) Daerah yang dilayani yaitu Kelurahan Putat Jaya, Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya yang terbagi menjadi 2 *Cluster* dengan jumlah penduduk terlayani keseluruhan yaitu 48.782 orang.
- b) Sistem SPAL menggunakan sistem *Shallow Sewer*, sedangkan unit IPAL terdiri dari Sumur Pengumpul, Bak Distribusi, *Anaerobic Baffled Reactor*, *Anaerobic Filter*, dan Desinfeksi.
- c) Besar debit yang diolah dalam unit IPAL yaitu:
 - *Cluster I* = 6.031,88 m³/hari
 - *Cluster II* = 985,4 m³/hari
- d) Luas IPAL pada masing-masing *Cluster* yaitu:
 - *Cluster I* = 1511,3 m²
 - *Cluster II* = 287,76 m²
- e) Efluen hasil perencanaan IPAL dirancang memenuhi Permen LHK No. 68 Tahun 2016 dan Pergub Jatim No.72 Tahun 2013.

2. Rencana Anggaran Biaya SPAL dan IPAL

- a) Anggaran Biaya total yang dibutuhkan sebesar:
 - *Cluster I* = Rp 38.045.054.966
 - *Cluster II* = Rp 6.520.566.533
- b) Biaya retribusi setiap kepala keluarga untuk operasi dan pemeliharaan yang dibayar melalui organisasi lingkungan setempat sebesar Rp 6.000 / KK bulan.

3. Berdasarkan hasil analisis kelayakan ekonomi maka dapat dikatakan proyek pembangunan SPAL dan IPAL domestik di Kelurahan Putat Jaya, Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya dengan metode *benefit cost ratio*, layak untuk dilaksanakan karena nilai BCR >1 yaitu 3,25.

11.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan setelah dilakukan perencanaan diantaranya:

- a) Perlu dilakukan verifikasi data kembali dengan data dilapangan dengan tujuan mendapatkan hasil yang lebih baik dan detail, sehingga dapat diterapkan di Kelurahan Putat Jaya, Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya.
- b) Perlu dilakukan sosialisasi/penyuluhan terkait pentingnya pengelolaan air limbah domestik supaya masyarakat memiliki kemauan untuk membayar retribusi, sehingga pembangunan SPAL dan IPAL dapat diimplementasikan di Kelurahan Putat Jaya, Kecamatan Sawahan, Kota Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2015. *Standar Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya 2018*. Surabaya. Pemerintah Kota Surabaya
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Kecamatan Sawahan dalam Angka*.
- Cahyani, Rahmawati dan Dian Rahmawati. 2015. *Peningkatan Partisipasi Masyarakat Dalam Perbaikan Sanitasi Permukiman Kelurahan Putat Jaya Kota Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Carrollton. 2012. *Guidance Document for Sizing and Installation of Grease Traps and Interceptors*.
- Chan, Y. J., Chong, M. F., Law, C. L., dan Hassel, D. G. (2009). *A Review on Anaerobic–Aerobic Treatment of Industrial and Municipal Wastewater*. *Chemical Engineering Journal*, 155 (1–2), hal. 1–18.
- Dinas Kesehatan Kota Surabaya. 2015. *Studi Environmental Health Risk Assessment (EHRA)*.
- Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya Kota Surabaya. 2010. *Strategi Sanitasi Kota (SSK)*.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Eckenfelder, Jr., W. Wesley. 1980. *Principles of Water Quality Management*. CBI Publishing Company: Boston.
- Fair, G.M. dan Geyer, J.C., 1966. *Water Supply and Wastewater Disposal*. New York: Wiley.
- Götzenberger, J. 2009. *Praxis-oriented Training Manual Decentralized Wastewater Treatment Systems (DEWATS)*. New Delhi: BORDA.
- Grau, P. 1996. *Low Cost Wastewater Treatment*. *Water Science and Technology*, 33(8), pp 39 – 46.
- Hamid, A. 2014. *Perbandingan Desain IPAL Proses Attached Growth Anaerobic Filter dengan Suspended Growth Anaerobic Baffled Reactor untuk Pusat Pertokoan di Kota Surabaya*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya.

- Hassan, S. R., dan Irvan Dahlan. 2013. *Anaerobic Wastewater Treatment Using Anaerobic Baffled Bioreactor: A Review*. Central European Journal of Engineering, 3 (3), hal. 389-399.
- Kadariswan, A. 2007. *Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Beserta Instalasi Pengolahan Air Limbah Perumahan Dosen dan Asrama Mahasiswa ITS*. Surabaya: Teknik Lingkungan FTSP-ITS
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2013. *Materi Bidang Air Limbah I Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP*
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2015. *Perencanaan Pengelolaan Air Limbah dengan Sistem Terpusat*.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
- Khaq, Fajar A dan Agus Slamet. 2017. *Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik di Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo*. Surabaya: Teknik Lingkungan FTSP-ITS
- Khambali. 2011. *Teknologi Bioenergi*. Bogor: PT. Agromedia Pustaka.
- Kodoatie, R. J. dan Sjarief, R. 2005. *Pengelolaan Sumberdaya Air Terpadu*. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Komala, Puti S dan Ajeng Yanarosanti. 2014. *Inaktivasi Bakteri Escherichia coli Air Sumur Menggunakan Desinfektan Kaporit*. Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas.
- Kujawa, K. 2005. *Anaerobic Treatment of Concentrated Wastewater in DESAR Concept*. Utrecht: STOWA
- Mahida, U.N. 1986. *Water Pollution and Disposal of Wastewater on The Land*. Diterjemahkan oleh G.A. Ticoalu dengan judul Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri. Cetakan Kedua. CV Rajawali. Jakarta.
- Massoud, M. A et al. *Decentralized Approaches to Wastewater Treatment and Management: Applicability in Developing Countries*. Journal of Environmental Management, 90(1), pp 652 - 659
- Metcalf dan Eddy. 1981. *Wastewater Engineering Collection and Pumping Of Wastewater*, 3rd edition. New York: McGraw-Hill Book Company.

- Metcalf dan Eddy. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, 4th edition. New York: McGraw- Hill Book Company.
- Metcalf dan Eddy. 2014. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*, 5th edition. New York: McGraw- Hill Book Company.
- Morel, A. dan Diener, S. 2006. *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries. Review of Different Treatment Systems for Household or Neighbourhoods*. Dubendorf: Swiss Federal Institut of Aquatic Science. Department of Water and Sanitation in Developing Countries.
- Notoatmojo. 2005. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Nurhasanah. 2009. *Penentuan Kadar COD pada Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit, Pabrik Karet. dan Domestik*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Pemerintah Kota Surabaya. 2009. *Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009-2029*
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Atau Kegiatan Usaha Lainnya
- Qasim, Syed. R. 1985. *Wastewater Treatment Plants*. Canada: CBS College Publishing.
- Ramandeep, K. 2015. *Anaerobic Baffled Reactor: A Promising Wastewater Treatment Technology in Tropical Countries*. International Journal on Emerging Technologies, 7 (1), hal. 114-117.
- Risnawati, Damanhuri. 2009. *Penyisihan Logam Pada Lindi Menggunakan Constructed Wetland*. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Sasse, L. 1998. *DEWATS; Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. New Delhi: BORDA.
- Standar Nasional Indonesia. 2008. SNI Nomor 6989.59 tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah

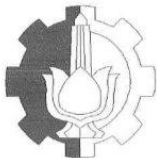
- Setiarini, W. D., Mangkoedihardjo, S. 2013. *Penurunan BOD dan COD pada Air Limbah Katering Menggunakan Konstruksi Subsurface-flow Wetland dan Biofilter dengan Tumbuhan Kana*. Jurnal Sains dan Seni POMITS Vol. 2 No. 1: 2337-3520.
- Siloker. 2013. *Pompa Submersible*. <http://www.pompasubmersible.co.id> diakses tanggal 25 Januari 2018 pukul 20.00 WIB
- Standar Nasional Indonesia. 2008. SNI Nomor 6989.59 tentang *Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah*
- Systems, B., Thomas, M. W., Thomas, E. B., Eric, H. LaVere, B. M., Noah, W., dan Brian, E.W. 2007. *Wastewater Collection System Modeling and Design*. Exton: Bentley Institue Press
- Ulliaji, Arivia, dkk. 2016. *Efektifitas Variasi Dosis Kaporit dalam Menurunkan Kadar Amoniak Limbah Cair Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang*. Jurnal Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro.
- Wulandari, Puji Retno. 2014. *Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (Studi Kasus di Perumahan PT. Pertamina Unit Pelayanan III Plaju – Sumatera Selatan*. Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Wongthanate, J., Mapracha, N., Prapagdee, B., dan Arunlertaree, C. 2014. *Efficiency of Modified Grease Trap for Domestic Wastewater Treatment*. The Journal of Industrial Technology. Vol. 10. pp : 2557-2569

BIOGRAFI PENULIS



Rizki Ismi'Raj Destio merupakan nama lengkap penulis. Penulis lahir di Kabupaten Malang pada tanggal 20 Desember 1995. Penulis bertempat tinggal di Jalan Dorowati Utara no. 5 Lawang, Malang. Penulis mengemban Pendidikan formal dimulai dari Pendidikan dasar di SDN Lawang 7, dilanjutkan Pendidikan menengah di SMPN 1 Lawang, dan kemudian dilanjutkan di SMAN 1 Lawang. Penulis kemudian melanjutkan Pendidikan sarjana di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, ITS, Surabaya pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 03211440000048. Selama masa perkuliahan penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi mahasiswa. Penulis tercatat sebagai anggota aktif UKM Penalaran ITS. Penulis pernah terlibat dalam kepengurusan di Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Penalaran ITS menjabat sebagai Kepala Departemen Kaderisasi pada periode 2016/2017. Penulis juga memiliki pengalaman kerja praktik di PT. Jakarta Industrial Estate Pulogadung (PT. JIEP). Penulis juga pernah mengikuti pelatihan diantaranya SMK3 *Based on* PP 50/2012, ISO 9001:2015 dan ISO 14001:2015. Informasi lebih lanjut tentang penulis dapat dihubungi melalui *email* rizkydestio@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA
TELEPON (031)5948886, FAX. (031)5928387

DATA ANALISA LIMBAH CAIR

Dikirim Oleh : Sdr. Riski
Dikirim Tanggal : 05 Maret 2018
Sampel Dari : Air Limbah Domestik Kel. Putat Jaya
No. Laboratorium : 100-002/03/A/KL/2018

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah Domestik*)	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	6 - 9	7,95	pHmeter
2	TSS	mg/L	30	262,00	Gravimetri
3	COD	mg/L O ₂	100	426,00	Reflux/Tetrimetri
4	BOD	mg/L O ₂	30	248,00	Winkler
5	Minyak & Lemak	mg/L	5	30,00	Gravimetri
6	Amoniak	mg/L NH ₃ -N	10	66,54	Spektrofotometri
7	Total Koliform	MPN/100 mL	3.000	16 x 10 ⁸	Fermentasi Multi Tabung

Surabaya, 13 Maret 2018

Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc
NIP. 195501281985032001

Catatan :

*)PERMENLHK,

No. : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016

(-) = Tidak disyaratkan

- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air
yang diterima laboratorium kami

LEMBAR KUISIONER

Identitas Responden

1. Nama :
2. Nama Kepala Keluarga :
3. Jumlah Anggota Keluarga :
4. Umur :
5. Jenis Kelamin : L / P
6. Apa pekerjaan utama Bapak/Ibu/Saudara/i?
 - a. Pegawai Negeri Sipil (PNS)
 - b. Pegawai Swasta
 - c. Wiraswasta
 - d. Serabutan
 - e. Lainnya.....
7. Berapa penghasilan Bapak/Ibu/Saudara/i?
 - a. Kurang dari 1.000.000/bulan
 - b. 1.000.000 – 2.000.000/bulan
 - c. 2.000.000 – 3.000.000/bulan
 - d. 3.000.000 – 4.000.000/bulan
 - e. 4.000.000 – 5.000.000/bulan
 - f. Lebih dari 5.000.000/bulan
8. Apa status kepemilikan rumah Bapak/Ibu/Saudara/i?
 - a. Sewa bulanan
 - b. Sewa tahunan
 - c. Milik sendiri - keluarga
 - d. Lainnya.....

Sarana Sanitasi

9. Darimanakah sumber air bersih Bapak/Ibu/Saudara/i?
 - a. PDAM
 - b. Air tanah/sumur
 - c. Air sungai
 - d. Lainnya.....
10. Apakah di rumah Bapak/Ibu/Saudara/i terdapat jamban?
 - a. Ada (lanjut nomor 12)
 - b. Tidak ada
11. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i masih menggunakan WC umum?
 - a. Ya
 - b. Tidak
12. Apakah di rumah Bapak/Ibu/Saudara/i terdapat *septic tank*?
 - a. Ada
 - b. Tidak ada

13. Kapan waktu pengurasan *septic tank* Bapak/Ibu/Saudara/i?
 - a. 1 – 3 tahun sekali
 - b. 3 – 5 tahun sekali
 - c. Lebih dari 5 tahun sekali
 - d. Tidak pernah
14. Apa yang Bapak/Ibu/Saudara/i lakukan dalam menangani air bekas mandi/cuci/dapur?
 - a. Diresapkan ke tanah
 - b. Dialirkan ke *septic tank*
 - c. Dialirkan ke selokan
 - d. Lainnya

Kesehatan Masyarakat

15. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i atau keluarga pernah terjangkit Demam Berdarah?
 - a. Pernah (lanjut nomor 17)
 - b. Tidak pernah
16. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i atau keluarga sering terjangkit Demam Berdarah?
 - a. Sering
 - b. Jarang
17. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i pernah mengikuti penyuluhan terkait kesehatan lingkungan?
 - a. Pernah (lanjut nomor 18)
 - b. Tidak pernah
18. Seberapa sering Bapak/Ibu/Saudara/i mengikuti penyuluhan terkait kesehatan lingkungan?
 - a. 1 kali
 - b. 2 – 3 kali
 - c. Lebih dari 3 kali

Sikap Masyarakat

19. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i bersedia apabila di Kelurahan Putat Jaya dibangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebagai pengganti *septic tank*?
 - a. Bersedia
 - b. Tidak bersedia
20. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i bersedia untuk berpartisipasi aktif dalam kegiatan pemeliharaan sarana dan prasarana pengelolaan air limbah di lingkungan sekitar?
 - a. Bersedia
 - b. Tidak bersedia

21. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i bersedia untuk membayar retribusi guna biaya operasional dan pemeliharaan unit pengelolaan air limbah?
 - a. Bersedia
 - b. Tidak bersedia
22. Berapakah kemampuan Bapak/Ibu/Saudara/i untuk membayar retribusi guna biaya operasional dan pemeliharaan unit pengelolaan air limbah?
 - a. Kurang dari 8.000/bulan
 - b. 8.000 – 9.000/bulan
 - c. 9.000 – 10.000/bulan
 - d. 10.000 – 15.000/bulan
 - e. Lebih dari 15.000/bulan

Terimakasih atas pendapat Bapak/Ibu/Saudara/i dalam pengisian kuisioner ini





Dokumentasi Foto Survei Masyarakat



Foto Dokumentasi Sampling Air Limbah Domestik



Foto Dokumentasi Pengukuran Elevasi Tanah dengan GPS

Tabel Dimensi Pipa SPAL Cluster I

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Q peak total	Q min	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull	Elevasi Medan		Δ h Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	Δ h Slope Pipa	n
		(m)	(m ³ /s)	(m ³ /s)			(m ³ /s)	awal	akhir					
1	A1 - A4	98,1715	0,001039	0,000060	0,8	0,975	0,0011	17,12	16,57	0,55	0,0056	0,0056	0,55	0,013
2	A2 - A6	105,8775	0,000498	0,000025	0,8	0,975	0,0005	16,8	16,4	0,4	0,0038	0,0038	0,40	0,013
3	A3 - A4	55,508	0,000519	0,000026	0,8	0,975	0,0005	17,07	16,57	0,5	0,0090	0,0090	0,50	0,013
4	A5 - A6	71,5294	0,000411	0,000020	0,8	0,975	0,0004	16,56	16,4	0,16	0,0022	0,0026	0,19	0,013
5	A6 - A8	28,2558	0,000909	0,000045	0,8	0,975	0,0009	16,4	16,35	0,05	0,0018	0,0026	0,07	0,013
6	A7 - A8	96,5265	0,000693	0,000037	0,8	0,975	0,0007	16,45	16,35	0,1	0,0010	0,0026	0,25	0,013
7	A8 - A11	40,7618	0,001602	0,000082	0,8	0,975	0,0016	16,35	16,32	0,03	0,0007	0,0026	0,11	0,013
8	A10 - A11	60,516	0,000649	0,000034	0,8	0,975	0,0007	16,38	16,32	0,06	0,0010	0,0026	0,16	0,013
9	A11 - A13	38,9144	0,002251	0,000116	0,8	0,975	0,0023	16,32	16,17	0,15	0,0039	0,0039	0,15	0,013
10	A12 - A13	54,1006	0,000325	0,000015	0,8	0,975	0,0003	16,17	16,17	0	0,0000	0,0026	0,14	0,013
11	A9 - A14	362,0567	0,001753	0,000113	0,8	0,975	0,0018	16,4	15,35	1,05	0,0029	0,0029	1,05	0,013
12	A13 - A14	255,1028	0,003983	0,000217	0,8	0,975	0,0041	16,17	15,35	0,82	0,0032	0,0032	0,82	0,013
13	A14 - A40	77,4795	0,005909	0,000337	0,8	0,975	0,0061	15,35	14,82	0,53	0,0068	0,0068	0,53	0,013
14	A4 - A39	427,994	0,004264	0,000276	0,8	0,975	0,0044	16,57	14,85	1,72	0,0040	0,0040	1,72	0,013
15	A15 - A38	472,7283	0,003117	0,000225	0,8	0,975	0,0032	16,91	15,17	1,74	0,0037	0,0037	1,74	0,013
16	A16 - A37	464,5428	0,002965	0,000211	0,8	0,975	0,0030	16,92	15,15	1,77	0,0038	0,0038	1,77	0,013
17	A17 - A36	451,6052	0,002814	0,000199	0,8	0,975	0,0029	16,98	15,2	1,78	0,0039	0,0039	1,78	0,013
18	A18 - A35	425,7386	0,002619	0,000182	0,8	0,975	0,0027	16,87	15,22	1,65	0,0039	0,0039	1,65	0,013
19	A19 - A23	84,6069	0,000498	0,000025	0,8	0,975	0,0005	17,01	16,68	0,33	0,0039	0,0039	0,33	0,013
20	A20 - A22	76,4598	0,000563	0,000029	0,8	0,975	0,0006	17,21	16,73	0,48	0,0063	0,0063	0,48	0,013
21	A21 - A22	111,2347	0,000931	0,000053	0,8	0,975	0,0010	17,12	16,73	0,39	0,0035	0,0035	0,39	0,013
22	A22 - A23	33,3013	0,001494	0,000081	0,8	0,975	0,0015	16,73	16,68	0,05	0,0015	0,0026	0,09	0,013
23	A23 - A25	38,6607	0,002338	0,000122	0,8	0,975	0,0024	16,68	16,51	0,17	0,0044	0,0044	0,17	0,013
24	A24 - A25	97,112	0,000541	0,000027	0,8	0,975	0,0006	16,61	16,51	0,1	0,0010	0,0026	0,25	0,013
25	A25 - A27	39,0493	0,003117	0,000160	0,8	0,975	0,0032	16,51	16,4	0,11	0,0028	0,0028	0,11	0,013
26	A26 - A27	96,1258	0,000541	0,000027	0,8	0,975	0,0006	16,59	16,4	0,19	0,0020	0,0026	0,25	0,013
27	A27 - A29	42,6772	0,003788	0,000192	0,8	0,975	0,0039	16,4	16,37	0,03	0,0007	0,0022	0,09	0,013
28	A28 - A29	101,1693	0,000260	0,000011	0,8	0,975	0,0003	16,45	16,37	0,08	0,0008	0,0026	0,26	0,013
29	A29 - A34	198,5626	0,005216	0,000273	0,8	0,975	0,0054	16,37	15,21	1,16	0,0058	0,0058	1,16	0,013
30	A30 - A33	184,4451	0,001126	0,000066	0,8	0,975	0,0012	16,38	15,21	1,17	0,0063	0,0063	1,17	0,013
31	A31 - A32	184,2124	0,001234	0,000074	0,8	0,975	0,0013	16,38	15,2	1,18	0,0064	0,0064	1,18	0,013

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Q peak total	Q min	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull	Elevasi Medan		Δ h Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	Δ h Slope Pipa	n
		(m)	(m³/s)	(m³/s)			(m³/s)	awal	akhir					
32	A32 - A33	30,0374	0,001234	0,000074	0,8	0,975	0,0013	15,2	15,21	-0,01	-0,0003	0,0026	0,08	0,013
33	A33 - A34	26,737	0,002359	0,000140	0,8	0,975	0,0024	15,21	15,21	0	0,0000	0,0026	0,07	0,013
34	A34 - A35	49,5724	0,007576	0,000413	0,8	0,975	0,0078	15,21	15,22	-0,01	-0,0002	0,0012	0,06	0,013
35	A35 - A36	42,3998	0,010195	0,000595	0,8	0,975	0,0105	15,22	15,2	0,02	0,0005	0,0012	0,05	0,013
36	A36 - A37	30,0268	0,013009	0,000794	0,8	0,975	0,0133	15,2	15,15	0,05	0,0017	0,0017	0,05	0,013
37	A37 - A38	28,8148	0,015974	0,001005	0,8	0,975	0,0164	15,15	15,17	-0,02	-0,0007	0,0007	0,02	0,013
38	A38 - A39	33,9325	0,019091	0,001230	0,8	0,975	0,0196	15,17	14,85	0,32	0,0094	0,0094	0,32	0,013
39	A39 - A40	1,7197	0,023355	0,001506	0,8	0,975	0,0240	14,85	14,82	0,03	0,0174	0,0174	0,03	0,013
40	A40 - H34	404,511	0,029264	0,001842	0,8	0,975	0,0300	14,82	8,78	6,04	0,0149	0,0149	6,04	0,013
41	B1 - B3	63,685	0,000563	0,000029	0,8	0,975	0,0006	16,92	16,71	0,21	0,0033	0,0033	0,21	0,013
42	B2 - B3	89,4738	0,000801	0,000044	0,8	0,975	0,0008	16,86	16,71	0,15	0,0017	0,0026	0,23	0,013
43	B3 - B5	32,0808	0,001688	0,000088	0,8	0,975	0,0017	16,71	16,61	0,1	0,0031	0,0031	0,10	0,013
44	B4 - B5	87,8288	0,000498	0,000025	0,8	0,975	0,0005	16,77	16,61	0,16	0,0018	0,0026	0,23	0,013
45	B5 - B7	35,3867	0,002381	0,000121	0,8	0,975	0,0024	16,61	16,55	0,06	0,0017	0,0026	0,09	0,013
46	B6 - B7	84,776	0,000325	0,000015	0,8	0,975	0,0003	16,58	16,55	0,03	0,0004	0,0026	0,22	0,013
47	B7 - B8	248,8997	0,004286	0,000235	0,8	0,975	0,0044	16,55	14,88	1,67	0,0067	0,0067	1,67	0,013
48	B9 - B19	120,1119	0,000216	0,000009	0,8	0,975	0,0002	16,42	15,73	0,69	0,0057	0,0057	0,69	0,013
49	B10 - B14	150,9231	0,000671	0,000036	0,8	0,975	0,0007	16,3	14,81	1,49	0,0099	0,0099	1,49	0,013
50	B11 - B13	172,6158	0,001104	0,000065	0,8	0,975	0,0011	16	14,92	1,08	0,0063	0,0063	1,08	0,013
51	B12 - B13	65,5719	0,000455	0,000022	0,8	0,975	0,0005	15,21	14,92	0,29	0,0044	0,0044	0,29	0,013
52	B13 - B14	68,7773	0,001667	0,000091	0,8	0,975	0,0017	14,92	14,81	0,11	0,0016	0,0026	0,18	0,013
53	B14 - B15	43,5229	0,002576	0,000137	0,8	0,975	0,0026	14,81	14,73	0,08	0,0018	0,0022	0,10	0,013
54	B8 - B15	35,9057	0,004286	0,000235	0,8	0,975	0,0044	14,88	14,73	0,15	0,0042	0,0042	0,15	0,013
55	B15 - E18	48,6764	0,007013	0,000377	0,8	0,975	0,0072	14,73	14,62	0,11	0,0023	0,0023	0,11	0,013
56	B16 - B18	34,8506	0,000325	0,000015	0,8	0,975	0,0003	16,92	16,81	0,11	0,0032	0,0032	0,11	0,013
57	B17 - B18	72,759	0,000368	0,000017	0,8	0,975	0,0004	16,83	16,81	0,02	0,0003	0,0026	0,19	0,013
58	B' - B"	84,4034	0,000563	0,000029	0,8	0,975	0,0006	16,45	16,26	0,19	0,0023	0,0026	0,22	0,013
59	B18 - B"	106,5337	0,001061	0,000049	0,8	0,975	0,0011	16,81	16,26	0,55	0,0052	0,0052	0,55	0,013
60	B" - B19	80,2314	0,002056	0,000099	0,8	0,975	0,0021	16,26	15,73	0,53	0,0066	0,0066	0,53	0,013
61	B20 - B21	181,0131	0,000952	0,000054	0,8	0,975	0,0010	16,71	15,64	1,07	0,0059	0,0059	1,07	0,013
62	B19 - B21	20,3908	0,002273	0,000108	0,8	0,975	0,0023	15,73	15,64	0,09	0,0044	0,0044	0,09	0,013
63	B22 - B23	226,8939	0,001667	0,000106	0,8	0,975	0,0017	16,78	15,2	1,58	0,0070	0,0070	1,58	0,013

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Q peak total	Q min	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull	Elevasi Medan		Δ h Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	Δ h Slope Pipa	n
		(m)	(m³/s)	(m³/s)			(m³/s)	awal	akhir					
64	B21 - B23	49,1403	0,003225	0,000163	0,8	0,975	0,0033	15,64	15,2	0,44	0,0090	0,0090	0,44	0,013
65	B24 - B25	256,7179	0,001450	0,000090	0,8	0,975	0,0015	16,71	15,18	1,53	0,0060	0,0060	1,53	0,013
66	B23 - B25	50,6967	0,004978	0,000271	0,8	0,975	0,0051	15,2	15,18	0,02	0,0004	0,0012	0,06	0,013
67	B25 - B31	13,619	0,006429	0,000361	0,8	0,975	0,0066	15,18	14,81	0,37	0,0272	0,0272	0,37	0,013
68	B26 - B30	216,2245	0,001234	0,000074	0,8	0,975	0,0013	16,62	15,2	1,42	0,0066	0,0066	1,42	0,013
69	B27 - B29	171,1056	0,001126	0,000066	0,8	0,975	0,0012	16,35	15,3	1,05	0,0061	0,0061	1,05	0,013
70	B28 - B29	231,0145	0,000368	0,000017	0,8	0,975	0,0004	16	15,3	0,7	0,0030	0,0030	0,70	0,013
71	B29 - B30	57,9477	0,001494	0,000083	0,8	0,975	0,0015	15,3	15,2	0,1	0,0017	0,0026	0,15	0,013
72	B30 - B31	72,6581	0,002727	0,000157	0,8	0,975	0,0028	15,2	14,81	0,39	0,0054	0,0054	0,39	0,013
73	B31 - E18	128,6105	0,009589	0,000539	0,8	0,975	0,0098	14,81	14,62	0,19	0,0015	0,0015	0,19	0,013
74	E1 - E2	47,21	0,001017	0,000059	0,8	0,975	0,0010	15,21	14,75	0,46	0,0097	0,0097	0,46	0,013
75	E3 - E4	88,5214	0,000628	0,000033	0,8	0,975	0,0006	15,2	14,73	0,47	0,0053	0,0053	0,47	0,013
76	E2 - E4	18,695	0,001017	0,000059	0,8	0,975	0,0010	14,75	14,73	0,02	0,0011	0,0026	0,05	0,013
77	E4 - E6	74,2384	0,002121	0,000115	0,8	0,975	0,0022	14,73	14,35	0,38	0,0051	0,0051	0,38	0,013
78	E5 - E6	141,3144	0,000931	0,000053	0,8	0,975	0,0010	15	14,35	0,65	0,0046	0,0046	0,65	0,013
79	E6 - E8	125,3148	0,004610	0,000265	0,8	0,975	0,0047	14,35	14,35	0	0,0000	0,0012	0,15	0,013
80	E7 - E8	89,8339	0,000887	0,000050	0,8	0,975	0,0009	14,75	14,35	0,4	0,0045	0,0045	0,40	0,013
81	E9 - E13	46,3348	0,000455	0,000022	0,8	0,975	0,0005	14,75	14,47	0,28	0,0060	0,0060	0,28	0,013
82	E10 - E12	59,27	0,001147	0,000068	0,8	0,975	0,0012	14,85	14,51	0,34	0,0057	0,0057	0,34	0,013
83	E11 - E12	57,9575	0,000671	0,000036	0,8	0,975	0,0007	15	14,51	0,49	0,0085	0,0085	0,49	0,013
84	E12 - E13	22,3315	0,001818	0,000103	0,8	0,975	0,0019	14,51	14,47	0,04	0,0018	0,0026	0,06	0,013
85	E13 - E14	63,6707	0,002749	0,000149	0,8	0,975	0,0028	14,47	14,08	0,39	0,0061	0,0061	0,39	0,013
86	E8 - E14	51,6189	0,005866	0,000332	0,8	0,975	0,0060	14,35	14,08	0,27	0,0052	0,0052	0,27	0,013
87	E15 - E17	109,448	0,001320	0,000080	0,8	0,975	0,0014	14,62	14,6	0,02	0,0002	0,0026	0,28	0,013
88	E16 - E17	69,9873	0,000606	0,000031	0,8	0,975	0,0006	14,65	14,6	0,05	0,0007	0,0026	0,18	0,013
89	E17 - E19	36,5891	0,002251	0,000126	0,8	0,975	0,0023	14,6	14,48	0,12	0,0033	0,0033	0,12	0,013
90	E18 - E19	79,1326	0,018442	0,001036	0,8	0,975	0,0189	14,62	14,48	0,14	0,0018	0,0018	0,14	0,013
91	E19 - E20	38,449	0,020974	0,001175	0,8	0,975	0,0215	14,48	14,83	-0,35	-0,0091	0,0007	0,03	0,013
92	E14 - E20	80,4299	0,008983	0,000499	0,8	0,975	0,0092	14,08	14,83	-0,75	-0,0093	0,0012	0,10	0,013
93	E21 - E22	216,0678	0,001667	0,000106	0,8	0,975	0,0017	14,78	14,67	0,11	0,0005	0,0026	0,56	0,013
94	E20 - E22	70,945	0,030584	0,001707	0,8	0,975	0,0314	14,83	14,67	0,16	0,0023	0,0023	0,16	0,013
95	E22 - E24	35,0033	0,032381	0,001817	0,8	0,975	0,0332	14,67	14,67	0	0,0000	0,0006	0,02	0,013

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Q peak total	Q min	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull	Elevasi Medan		Δ h Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	Δ h Slope Pipa	n
		(m)	(m ³ /s)	(m ³ /s)			(m ³ /s)	awal	akhir					
96	E23 - E24	104,8231	0,001212	0,000072	0,8	0,975	0,0012	14,87	14,67	0,2	0,0019	0,0026	0,27	0,013
97	E24 - E26	60,7825	0,034069	0,001913	0,8	0,975	0,0349	14,67	15,2	-0,53	-0,0087	0,0006	0,04	0,013
98	E25 - E26	86,8296	0,001472	0,000091	0,8	0,975	0,0015	15,6	15,2	0,4	0,0046	0,0046	0,40	0,013
99	E26 - E28	37,4466	0,035801	0,002016	0,8	0,975	0,0367	15,2	16,05	-0,85	-0,0227	0,0006	0,02	0,013
100	E27 - E28	96,7242	0,001753	0,000113	0,8	0,975	0,0018	16,4	16,05	0,35	0,0036	0,0036	0,35	0,013
101	E28 - E30	33,6783	0,038160	0,002160	0,8	0,975	0,0391	16,05	14,8	1,25	0,0371	0,0371	1,25	0,013
102	E29 - E30	229,7757	0,001775	0,000114	0,8	0,975	0,0018	15,2	14,8	0,4	0,0017	0,0026	0,60	0,013
103	E30 - E32	31,3328	0,040628	0,002311	0,8	0,975	0,0417	14,8	14,38	0,42	0,0134	0,0134	0,42	0,013
104	E31 - E32	209,2763	0,001385	0,000085	0,8	0,975	0,0014	15,2	14,38	0,82	0,0039	0,0039	0,82	0,013
105	E33 - E34	197,8282	0,001494	0,000093	0,8	0,975	0,0015	15,2	14,12	1,08	0,0055	0,0055	1,08	0,013
106	E32 - E34	29,6917	0,042229	0,002405	0,8	0,975	0,0433	14,38	14,12	0,26	0,0088	0,0088	0,26	0,013
107	E34 - E36	61,1698	0,044048	0,002513	0,8	0,975	0,0452	14,12	14,1	0,02	0,0003	0,0005	0,03	0,013
108	E35 - E36	99,7084	0,000649	0,000034	0,8	0,975	0,0007	14,92	14,1	0,82	0,0082	0,0082	0,82	0,013
109	E36 - E38	60,4995	0,045087	0,002565	0,8	0,975	0,0462	14,1	13,83	0,27	0,0045	0,0045	0,27	0,013
110	E37 - E38	155,3079	0,001126	0,000066	0,8	0,975	0,0012	15,2	13,83	1,37	0,0088	0,0088	1,37	0,013
111	E39 - E41	121,1944	0,000671	0,000036	0,8	0,975	0,0007	15,2	13,97	1,23	0,0101	0,0101	1,23	0,013
112	E40 - E41	139,4565	0,001342	0,000082	0,8	0,975	0,0014	15,15	13,97	1,18	0,0085	0,0085	1,18	0,013
113	E38 - E42	35,8472	0,046407	0,002640	0,8	0,975	0,0476	13,83	13,68	0,15	0,0042	0,0042	0,15	0,013
114	E41 - E42	41,9793	0,002143	0,000122	0,8	0,975	0,0022	13,97	13,68	0,29	0,0069	0,0069	0,29	0,013
115	E42 - F3	274,4825	0,050606	0,002898	0,8	0,975	0,0519	13,68	12,95	0,73	0,0027	0,0027	0,73	0,013
116	F1 - F'	31,1303	0,000260	0,000011	0,8	0,975	0,0003	13,37	13,15	0,22	0,0071	0,0071	0,22	0,013
117	F2 - F'	56,3048	0,000519	0,000026	0,8	0,975	0,0005	13,24	13,15	0,09	0,0016	0,0026	0,15	0,013
118	F' - F3	38,0727	0,000931	0,000043	0,8	0,975	0,0010	13,15	12,95	0,2	0,0053	0,0053	0,20	0,013
119	F4 - F5	54,5248	0,000368	0,000017	0,8	0,975	0,0004	12,8	12,67	0,13	0,0024	0,0026	0,14	0,013
120	F3 - F5	104,1595	0,051840	0,002955	0,8	0,975	0,0532	12,95	12,67	0,28	0,0027	0,0027	0,28	0,013
121	F6 - F8	306,6204	0,002338	0,000159	0,8	0,975	0,0024	14,2	13,96	0,24	0,0008	0,0026	0,80	0,013
122	F7 - F8	266,8123	0,001797	0,000116	0,8	0,975	0,0018	14,1	13,96	0,14	0,0005	0,0026	0,69	0,013
123	F8 - F10	49,0933	0,004416	0,000287	0,8	0,975	0,0045	13,96	13,68	0,28	0,0057	0,0057	0,28	0,013
124	F9 - F10	190,5064	0,001472	0,000091	0,8	0,975	0,0015	13,72	13,68	0,04	0,0002	0,0026	0,50	0,013
125	F10 - F12	41,5006	0,006126	0,000389	0,8	0,975	0,0063	13,68	13,58	0,1	0,0024	0,0024	0,10	0,013
126	F11 - F12	110,3824	0,000931	0,000053	0,8	0,975	0,0010	13,64	13,58	0,06	0,0005	0,0026	0,29	0,013
127	F12 - F18	101,8468	0,007749	0,000478	0,8	0,975	0,0079	13,58	12,98	0,6	0,0059	0,0059	0,60	0,013

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Q peak total	Q min	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull	Elevasi Medan		Δ h Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	Δ h Slope Pipa	n
		(m)	(m³/s)	(m³/s)			(m³/s)	awal	akhir					
128	F13 - F15	135,651	0,000996	0,000057	0,8	0,975	0,0010	14,2	13,91	0,29	0,0021	0,0026	0,35	0,013
129	F14 - F15	110,3957	0,000519	0,000026	0,8	0,975	0,0005	14,1	13,91	0,19	0,0017	0,0026	0,29	0,013
130	F16 - F17	296,5923	0,002532	0,000175	0,8	0,975	0,0026	13,71	13,03	0,68	0,0023	0,0023	0,68	0,013
131	F15 - F17	263,3782	0,003615	0,000223	0,8	0,975	0,0037	13,91	13,03	0,88	0,0033	0,0033	0,88	0,013
132	F17 - F18	19,4252	0,006147	0,000398	0,8	0,975	0,0063	13,03	12,98	0,05	0,0026	0,0026	0,05	0,013
133	F19 - F20	311,6442	0,001991	0,000131	0,8	0,975	0,0020	13,72	12,78	0,94	0,0030	0,0030	0,94	0,013
134	F18 - F20	49,9098	0,014416	0,000903	0,8	0,975	0,0148	12,98	12,78	0,2	0,0040	0,0040	0,20	0,013
135	F21 - F22	253,9906	0,002121	0,000141	0,8	0,975	0,0022	13,13	12,55	0,58	0,0023	0,0026	0,66	0,013
136	F20 - F22	30,2343	0,016537	0,001039	0,8	0,975	0,0170	12,78	12,55	0,23	0,0076	0,0076	0,23	0,013
137	F22 - F23	120,3956	0,019524	0,001228	0,8	0,975	0,0200	12,55	11,71	0,84	0,0070	0,0070	0,84	0,013
138	F5 - F23	223,2774	0,053593	0,003057	0,8	0,975	0,0550	12,67	11,71	0,96	0,0043	0,0043	0,96	0,013
139	F24 - F25	86,4823	0,001082	0,000063	0,8	0,975	0,0011	11,83	11,41	0,42	0,0049	0,0049	0,42	0,013
140	F23 - F25	107,8123	0,074134	0,004345	0,8	0,975	0,0760	11,71	11,41	0,3	0,0028	0,0028	0,30	0,013
141	F26 - F27	80,7887	0,001320	0,000080	0,8	0,975	0,0014	11,25	11,23	0,02	0,0002	0,0026	0,21	0,013
142	F25 - F27	95,2624	0,075714	0,004432	0,8	0,975	0,0777	11,41	11,23	0,18	0,0019	0,0019	0,18	0,013
143	F28 - F29	86,8246	0,000714	0,000038	0,8	0,975	0,0007	11,27	11,21	0,06	0,0007	0,0026	0,23	0,013
144	F27 - F29	34,513	0,077121	0,004516	0,8	0,975	0,0791	11,23	11,21	0,02	0,0006	0,0006	0,02	0,013
145	F29 - F31	155,2561	0,078117	0,004566	0,8	0,975	0,0801	11,21	11,18	0,03	0,0002	0,0006	0,09	0,013
146	F30 - F31	238,1529	0,001991	0,000131	0,8	0,975	0,0020	12,05	11,18	0,87	0,0037	0,0037	0,87	0,013
147	F32 - F34	107,636	0,000801	0,000044	0,8	0,975	0,0008	12,68	12,32	0,36	0,0033	0,0033	0,36	0,013
148	F33 - F34	55,4676	0,000411	0,000020	0,8	0,975	0,0004	12,47	12,32	0,15	0,0027	0,0027	0,15	0,013
149	F34 - F36	63,4137	0,001623	0,000083	0,8	0,975	0,0017	12,32	12,02	0,3	0,0047	0,0047	0,30	0,013
150	F35 - F36	110,4559	0,000606	0,000031	0,8	0,975	0,0006	12,58	12,02	0,56	0,0051	0,0051	0,56	0,013
151	F36 - F42	29,8104	0,002229	0,000115	0,8	0,975	0,0023	12,02	12	0,02	0,0007	0,0026	0,08	0,013
152	F37 - F39	61,4458	0,000455	0,000022	0,8	0,975	0,0005	12,62	12,21	0,41	0,0067	0,0067	0,41	0,013
153	F38 - F39	58,8934	0,000411	0,000020	0,8	0,975	0,0004	12,32	12,21	0,11	0,0019	0,0026	0,15	0,013
154	F39 - F41	38,1667	0,000887	0,000043	0,8	0,975	0,0009	12,21	12,02	0,19	0,0050	0,0050	0,19	0,013
155	F40 - F41	54,2145	0,000455	0,000022	0,8	0,975	0,0005	12,05	12,02	0,03	0,0006	0,0026	0,14	0,013
156	F41- F42	38,1422	0,001494	0,000071	0,8	0,975	0,0015	12,02	12	0,02	0,0005	0,0026	0,10	0,013
157	F42 - F43	86,2531	0,004242	0,000212	0,8	0,975	0,0044	12	11,15	0,85	0,0099	0,0099	0,85	0,013
158	F31 - F43	39,4451	0,080108	0,004698	0,8	0,975	0,0822	11,18	11,15	0,03	0,0008	0,0008	0,03	0,013
159	F43 - F46	135,653	0,085433	0,004973	0,8	0,975	0,0876	11,15	9,45	1,7	0,0125	0,0125	1,70	0,013

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Q peak total	Q min	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull	Elevasi Medan		Δ h Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	Δ h Slope Pipa	n
		(m)	(m³/s)	(m³/s)			(m³/s)	awal	akhir					
160	F45 - F46	50,0371	0,000476	0,000024	0,8	0,975	0,0005	10,05	9,45	0,6	0,0120	0,0120	0,60	0,013
161	F46 - F48	27,4456	0,085996	0,004999	0,8	0,975	0,0882	9,45	8,8	0,65	0,0237	0,0237	0,65	0,013
162	F44 - F48	174,9709	0,001299	0,000079	0,8	0,975	0,0013	11,25	8,8	2,45	0,0140	0,0140	2,45	0,013
163	F48 - F50	29,5171	0,087381	0,005081	0,8	0,975	0,0896	8,8	8,4	0,4	0,0136	0,0136	0,40	0,013
164	F49 - F50	153,8367	0,001017	0,000059	0,8	0,975	0,0010	10,72	8,4	2,32	0,0151	0,0151	2,32	0,013
165	F50 - F52	34,1798	0,088636	0,005150	0,8	0,975	0,0909	8,4	8,2	0,2	0,0059	0,0059	0,20	0,013
166	F51 - F52	44,1843	0,000368	0,000017	0,8	0,975	0,0004	9,2	8,2	1	0,0226	0,0226	1,00	0,013
167	F52 - F59	28,0103	0,089177	0,005174	0,8	0,975	0,0915	8,2	7,83	0,37	0,0132	0,0132	0,37	0,013
168	F58 - F59	66,1024	0,000563	0,000029	0,8	0,975	0,0006	10,43	7,83	2,6	0,0393	0,0393	2,60	0,013
169	F59 - G15	87,8803	0,090303	0,005231	0,8	0,975	0,0926	7,83	7,54	0,29	0,0033	0,0033	0,29	0,013
170	F53 - F55	62,3993	0,000952	0,000054	0,8	0,975	0,0010	12,35	11,2	1,15	0,0184	0,0184	1,15	0,013
171	F54 - F55	118,7026	0,000996	0,000057	0,8	0,975	0,0010	11,29	11,2	0,09	0,0008	0,0026	0,31	0,013
172	F56 - F57	120,0723	0,001039	0,000060	0,8	0,975	0,0011	10,83	10,42	0,41	0,0034	0,0034	0,41	0,013
173	F55 - F57	23,2828	0,002944	0,000168	0,8	0,975	0,0030	11,2	10,42	0,78	0,0335	0,0335	0,78	0,013
174	F57 - H40	238,3064	0,004372	0,000247	0,8	0,975	0,0045	10,42	7,42	3	0,0126	0,0126	3,00	0,013
175	G1 - G3	103,6904	0,000931	0,000053	0,8	0,975	0,0010	8,78	8,4	0,38	0,0037	0,0037	0,38	0,013
176	G2 - G3	22,6814	0,000195	0,000008	0,8	0,975	0,0002	8,47	8,4	0,07	0,0031	0,0031	0,07	0,013
177	G3 - G5	31,2444	0,001385	0,000072	0,8	0,975	0,0014	8,4	8,25	0,15	0,0048	0,0048	0,15	0,013
178	G4 - G5	54,6395	0,000519	0,000026	0,8	0,975	0,0005	8,8	8,25	0,55	0,0101	0,0101	0,55	0,013
179	G5 - G7	38,7198	0,002100	0,000106	0,8	0,975	0,0022	8,25	8,2	0,05	0,0013	0,0026	0,10	0,013
180	G6 - G7	54,0703	0,000498	0,000025	0,8	0,975	0,0005	8,45	8,2	0,25	0,0046	0,0046	0,25	0,013
181	G8 - G10	48,7811	0,000606	0,000031	0,8	0,975	0,0006	8,28	8,1	0,18	0,0037	0,0037	0,18	0,013
182	G9 - G10	46,8834	0,000303	0,000014	0,8	0,975	0,0003	8,23	8,1	0,13	0,0028	0,0028	0,13	0,013
183	G10 - G12	21,3005	0,001190	0,000058	0,8	0,975	0,0012	8,1	8	0,1	0,0047	0,0047	0,10	0,013
184	G11 - G12	51,0214	0,000325	0,000015	0,8	0,975	0,0003	8,07	8	0,07	0,0014	0,0026	0,13	0,013
185	G7 - G12	58,003	0,002857	0,000143	0,8	0,975	0,0029	8,2	8	0,2	0,0034	0,0034	0,20	0,013
186	G12 - G14	37,5907	0,004567	0,000223	0,8	0,975	0,0047	8	7,6	0,4	0,0106	0,0106	0,40	0,013
187	G13 - G14	132,2117	0,001840	0,000119	0,8	0,975	0,0019	7,6	7,6	0	0,0000	0,0026	0,34	0,013
188	G14 - G15	61,6148	0,006407	0,000342	0,8	0,975	0,0066	7,6	7,54	0,06	0,0010	0,0012	0,07	0,013
189	G15 - H40	41,8701	0,096710	0,005574	0,8	0,975	0,0992	7,54	7,42	0,12	0,0029	0,0029	0,12	0,013
190	G16 - G17	134,7653	0,000216	0,000009	0,8	0,975	0,0002	11,02	10,87	0,15	0,0011	0,0026	0,35	0,013
191	G17 - G19	57,4037	0,000368	0,000015	0,8	0,975	0,0004	10,87	10,83	0,04	0,0007	0,0026	0,15	0,013

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Q peak total	Q min	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull	Elevasi Medan		Δ h Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	Δ h Slope Pipa	n
		(m)	(m³/s)	(m³/s)			(m³/s)	awal	akhir					
192	G18 - G19	139,4841	0,000411	0,000020	0,8	0,975	0,0004	11,28	10,83	0,45	0,0032	0,0032	0,45	0,013
193	G19 - G21	60,2317	0,000952	0,000042	0,8	0,975	0,0010	10,83	10,82	0,01	0,0002	0,0026	0,16	0,013
194	G20 - G21	135,4215	0,000325	0,000015	0,8	0,975	0,0003	11,62	10,82	0,8	0,0059	0,0059	0,80	0,013
195	G21 - G23	60,9531	0,001385	0,000061	0,8	0,975	0,0014	10,82	10,15	0,67	0,0110	0,0110	0,67	0,013
196	G22 - G23	135,4501	0,000368	0,000017	0,8	0,975	0,0004	12	10,15	1,85	0,0137	0,0137	1,85	0,013
197	G23 - G25	34,4558	0,001840	0,000081	0,8	0,975	0,0019	10,15	10,75	-0,6	-0,0174	0,0026	0,09	0,013
198	G24 - G25	249,7299	0,000779	0,000043	0,8	0,975	0,0008	11,25	10,75	0,5	0,0020	0,0026	0,65	0,013
199	G25 - G27	23,8477	0,002619	0,000124	0,8	0,975	0,0027	10,75	10,67	0,08	0,0034	0,0034	0,08	0,013
200	G26 - G27	137,8455	0,000390	0,000019	0,8	0,975	0,0004	12,41	10,67	1,74	0,0126	0,0126	1,74	0,013
201	G27 - G29	56,1252	0,003074	0,000144	0,8	0,975	0,0032	10,67	10,58	0,09	0,0016	0,0026	0,15	0,013
202	G30 - G31	440,2028	0,000801	0,000044	0,8	0,975	0,0008	13,67	10,36	3,31	0,0075	0,0075	3,31	0,013
203	G29 - G31	51,943	0,003723	0,000176	0,8	0,975	0,0038	10,58	10,36	0,22	0,0042	0,0042	0,22	0,013
204	G28 - G29	137,2194	0,000541	0,000027	0,8	0,975	0,0006	12,77	10,58	2,19	0,0160	0,0160	2,19	0,013
205	G31 - G35	56,0891	0,004610	0,000223	0,8	0,975	0,0047	10,36	10,24	0,12	0,0021	0,0026	0,15	0,013
206	G32 - G34	94,5236	0,000216	0,000009	0,8	0,975	0,0002	12,8	12,7	0,1	0,0011	0,0026	0,25	0,013
207	G33 - G34	45,3336	0,000087	0,000003	0,8	0,975	0,0001	12,8	12,7	0,1	0,0022	0,0026	0,12	0,013
208	G34 - G35	447,3128	0,000974	0,000048	0,8	0,975	0,0010	12,7	10,24	2,46	0,0055	0,0055	2,46	0,013
209	G36 - G37	235,65	0,000411	0,000020	0,8	0,975	0,0004	12,42	10,17	2,25	0,0095	0,0095	2,25	0,013
210	G35 - G37	59,9768	0,005671	0,000273	0,8	0,975	0,0058	10,24	10,17	0,07	0,0012	0,0012	0,07	0,013
211	G37 - G39	49,3159	0,006104	0,000294	0,8	0,975	0,0063	10,17	10,08	0,09	0,0018	0,0018	0,09	0,013
212	G40 - G41	174,3434	0,000649	0,000034	0,8	0,975	0,0007	11,8	10,05	1,75	0,0100	0,0100	1,75	0,013
213	G39 - G41	17,0217	0,006602	0,000319	0,8	0,975	0,0068	10,08	10,05	0,03	0,0018	0,0018	0,03	0,013
214	G38 - G39	130,7891	0,000498	0,000025	0,8	0,975	0,0005	12,8	10,08	2,72	0,0208	0,0208	2,72	0,013
215	G42 - G43	119,2006	0,000584	0,000030	0,8	0,975	0,0006	12,6	9,93	2,67	0,0224	0,0224	2,67	0,013
216	G41 - G43	65,0723	0,007251	0,000353	0,8	0,975	0,0074	10,05	9,93	0,12	0,0018	0,0018	0,12	0,013
217	G43 - G45	70,3661	0,008528	0,000420	0,8	0,975	0,0087	9,93	8,82	1,11	0,0158	0,0158	1,11	0,013
218	G44 - G45	54,3069	0,000909	0,000051	0,8	0,975	0,0009	12,01	8,82	3,19	0,0587	0,0587	3,19	0,013
219	G45 - G47	49,0254	0,009848	0,000491	0,8	0,975	0,0101	8,82	8,78	0,04	0,0008	0,0012	0,06	0,013
220	G46 - G47	52,0542	0,000693	0,000037	0,8	0,975	0,0007	11,2	8,78	2,42	0,0465	0,0465	2,42	0,013
221	G47 - G49	22,4777	0,010649	0,000532	0,8	0,975	0,0109	8,78	8,42	0,36	0,0160	0,0160	0,36	0,013
222	G48 - G49	53,6813	0,000476	0,000024	0,8	0,975	0,0005	11	8,42	2,58	0,0481	0,0481	2,58	0,013
223	G49 - H39	10,1502	0,011169	0,000557	0,8	0,975	0,0115	8,42	8,08	0,34	0,0335	0,0335	0,34	0,013

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Q peak total	Q min	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull	Elevasi Medan		Δ h Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	Δ h Slope Pipa	n
		(m)	(m³/s)	(m³/s)			(m³/s)	awal	akhir					
224	H1 - H3	110,4692	0,001494	0,000093	0,8	0,975	0,0015	15,6	15,52	0,08	0,0007	0,0026	0,29	0,013
225	H2 - H3	81,0889	0,000649	0,000034	0,8	0,975	0,0007	15,6	15,52	0,08	0,0010	0,0026	0,21	0,013
226	H3 - H5	10,881	0,002143	0,000127	0,8	0,975	0,0022	15,52	15,47	0,05	0,0046	0,0046	0,05	0,013
227	H4 - H5	90,3691	0,000801	0,000044	0,8	0,975	0,0008	15,6	15,47	0,13	0,0014	0,0026	0,23	0,013
228	H5 - H7	87,3846	0,004134	0,000242	0,8	0,975	0,0042	15,47	14,84	0,63	0,0072	0,0072	0,63	0,013
229	H6 - H7	157,1277	0,000909	0,000051	0,8	0,975	0,0009	15,63	14,84	0,79	0,0050	0,0050	0,79	0,013
230	H7 - H9	20,4804	0,005043	0,000293	0,8	0,975	0,0052	14,84	14,82	0,02	0,0010	0,0019	0,04	0,013
231	H8 - H9	74,1733	0,002056	0,000136	0,8	0,975	0,0021	14,92	14,82	0,1	0,0013	0,0013	0,10	0,013
232	H9 - H11	101,1849	0,007576	0,000453	0,8	0,975	0,0078	14,82	14,72	0,1	0,0010	0,0012	0,12	0,013
233	H10 - H11	62,5657	0,001558	0,000098	0,8	0,975	0,0016	14,8	14,72	0,08	0,0013	0,0026	0,16	0,013
234	H11 - H13	69,6448	0,009351	0,000560	0,8	0,975	0,0096	14,72	13,68	1,04	0,0149	0,0149	1,04	0,013
235	H12 - H13	60,8327	0,000519	0,000026	0,8	0,975	0,0005	14,35	13,68	0,67	0,0110	0,0110	0,67	0,013
236	H13 - H15	21,9834	0,009870	0,000586	0,8	0,975	0,0101	13,68	13	0,68	0,0309	0,0309	0,68	0,013
237	H14 - H15	62,2887	0,000714	0,000038	0,8	0,975	0,0007	14	13	1	0,0161	0,0161	1,00	0,013
238	H' - H"	67,8358	0,000693	0,000037	0,8	0,975	0,0007	13,2	12,35	0,85	0,0125	0,0125	0,85	0,013
239	H15 - H"	22,8251	0,010584	0,000624	0,8	0,975	0,0109	13	12,35	0,65	0,0285	0,0285	0,65	0,013
240	H16 - H17	79,9486	0,000671	0,000036	0,8	0,975	0,0007	12,6	11,64	0,96	0,0120	0,0120	0,96	0,013
241	H" - H17	19,0402	0,011277	0,000661	0,8	0,975	0,0116	12,35	11,64	0,71	0,0373	0,0373	0,71	0,013
242	H17 - H19	21,1715	0,011948	0,000697	0,8	0,975	0,0123	11,64	11,2	0,44	0,0208	0,0208	0,44	0,013
243	H18 - H19	83,7645	0,000996	0,000057	0,8	0,975	0,0010	11,8	11,2	0,6	0,0072	0,0072	0,60	0,013
244	H19 - H21	21,9202	0,012944	0,000754	0,8	0,975	0,0133	11,2	10,4	0,8	0,0365	0,0365	0,80	0,013
245	H20 - H21	86,3065	0,000931	0,000053	0,8	0,975	0,0010	10,45	10,4	0,05	0,0006	0,0026	0,22	0,013
246	H22 - H23	86,1821	0,000823	0,000045	0,8	0,975	0,0008	10	9,8	0,2	0,0023	0,0026	0,22	0,013
247	H21 - H23	23,4635	0,013874	0,000806	0,8	0,975	0,0142	10,4	9,8	0,6	0,0256	0,0256	0,60	0,013
248	H23 - H25	28,5166	0,014697	0,000852	0,8	0,975	0,0151	9,8	9,2	0,6	0,0210	0,0210	0,60	0,013
249	H24 - H25	87,248	0,001385	0,000085	0,8	0,975	0,0014	9,57	9,2	0,37	0,0042	0,0042	0,37	0,013
250	H25 - H33	7,8552	0,016082	0,000937	0,8	0,975	0,0165	9,2	8,95	0,25	0,0318	0,0318	0,25	0,013
251	H26 - H28	626,4226	0,004957	0,000392	0,8	0,975	0,0051	15,95	13,2	2,75	0,0044	0,0044	2,75	0,013
252	H27 - H28	337,0772	0,001320	0,000080	0,8	0,975	0,0014	13,35	13,2	0,15	0,0004	0,0004	0,15	0,013
253	H28 - H30	27,4427	0,006277	0,000472	0,8	0,975	0,0064	13,2	12,6	0,6	0,0219	0,0219	0,60	0,013
254	H29 - H30	572,9575	0,010541	0,000969	0,8	0,975	0,0108	15,63	12,6	3,03	0,0053	0,0053	3,03	0,013
255	H30 - H32	60,5171	0,017164	0,001457	0,8	0,975	0,0176	12,6	12,46	0,14	0,0023	0,0023	0,14	0,013

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Q peak total	Q min	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull	Elevasi Medan		Δ h Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	Δ h Slope Pipa	n
		(m)	(m³/s)	(m³/s)			(m³/s)	awal	akhir					
256	H31 - H32	315,5785	0,001970	0,000129	0,8	0,975	0,0020	13,28	12,46	0,82	0,0026	0,0026	0,82	0,013
257	H32 - H33	172,2533	0,019610	0,001610	0,8	0,975	0,0201	12,46	8,95	3,51	0,0204	0,0204	3,51	0,013
258	H33 - H34	236,4077	0,035693	0,002546	0,8	0,975	0,0366	8,95	8,78	0,17	0,0007	0,0007	0,17	0,013
259	H34 - H36	378,6578	0,066320	0,004472	0,8	0,975	0,0680	8,78	8,31	0,47	0,0012	0,0012	0,47	0,013
260	H35 - H36	134,9996	0,001840	0,000119	0,8	0,975	0,0019	8,4	8,31	0,09	0,0007	0,0026	0,35	0,013
261	H37 - H38	134,5122	0,001104	0,000065	0,8	0,975	0,0011	8,4	8,27	0,13	0,0010	0,0026	0,35	0,013
262	H36 - H38	23,6758	0,068160	0,004591	0,8	0,975	0,0699	8,31	8,27	0,04	0,0017	0,0017	0,04	0,013
263	H38 - H39	25,4595	0,069264	0,004656	0,8	0,975	0,0710	8,27	8,08	0,19	0,0075	0,0075	0,19	0,013
264	H39 - H40	52,3049	0,080433	0,005212	0,8	0,975	0,0825	8,08	7,42	0,66	0,0126	0,0126	0,66	0,013
265	H40 - H41 (IPAL)	10,1846	0,181515	0,011033	0,8	0,975	0,1862	7,42	7,2	0,22	0,0216	0,0216	0,22	0,013

Lanjutan Tabel Dimensi Pipa SPAL Cluster I

No.	Jalur Pipa	D hitung		D apply		Qfull check	A full	Vfull cek	Q peak/Q full check	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min	V peak	d min		Q Gelontor
		(m)	(mm)	(mm)	(m)	(m³/s)	(m²)	(m/s)	(m³/s)				(m/s)	(m/s)	(mm)	(cm)	(L)
1	A1 - A4	0,0617	61,6744	110	0,11	0,0050	0,009	0,5	0,208	0,0121	0,23	0,65	0,34	0,60	25	2,5	2240
2	A2 - A6	0,0504	50,3932	110	0,11	0,0041	0,009	0,4	0,122	0,0061	0,21	0,63	0,27	0,50	23	2,3	2240
3	A3 - A4	0,0435	43,5060	110	0,11	0,0063	0,009	0,7	0,082	0,0041	0,21	0,63	0,42	0,77	23	2,3	1260
4	A5 - A6	0,0503	50,3136	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,121	0,0058	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
5	A6 - A8	0,0677	67,7440	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,268	0,0131	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	-
6	A7 - A8	0,0612	61,1764	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,204	0,0109	0,22	0,64	0,23	0,41	24	2,4	2240
7	A8 - A11	0,0838	83,7750	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,472	0,0240	0,25	0,67	0,24	0,41	28	2,8	2240
8	A10 - A11	0,0597	59,7135	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,191	0,0101	0,22	0,64	0,23	0,41	24	2,4	2240
9	A11 - A13	0,0884	88,4048	110	0,11	0,0041	0,009	0,4	0,544	0,0280	0,26	0,68	0,30	0,50	29	2,9	-
10	A12 - A13	0,0460	46,0454	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,096	0,0044	0,2	0,62	0,22	0,41	22	2,2	2240
11	A9 - A14	0,0849	84,9062	110	0,11	0,0036	0,009	0,4	0,489	0,0314	0,28	0,70	0,26	0,43	31	3,1	2240
12	A13 - A14	0,1033	103,2884	110	0,11	0,0053	0,012	0,4	0,750	0,0409	0,31	0,73	0,32	0,50	39	3,9	-
13	A14 - A40	0,1040	104,0097	110	0,11	0,0077	0,012	0,6	0,763	0,0435	0,32	0,74	0,47	0,73	40	4,0	-
14	A4 - A39	0,1015	101,4597	110	0,11	0,0059	0,012	0,5	0,718	0,0464	0,33	0,75	0,36	0,56	41	4,1	-
15	A15 - A38	0,1007	100,7471	110	0,11	0,0040	0,009	0,4	0,771	0,0556	0,35	0,77	0,33	0,49	39	3,9	2240
16	A16 - A37	0,0982	98,2432	110	0,11	0,0041	0,009	0,4	0,721	0,0514	0,35	0,77	0,33	0,50	39	3,9	2240
17	A17 - A36	0,0957	95,7199	110	0,11	0,0042	0,009	0,4	0,673	0,0475	0,34	0,76	0,33	0,51	37	3,7	

No.	Jalur Pipa	D hitung		D apply		Qfull check	A full	Vfull cek	Q peak/Q full check	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min	V peak	d min		Q Gelontor
		(m)	(mm)	(mm)	(m)	(m³/s)	(m²)	(m/s)	(m³/s)				(m/s)	(m/s)	(mm)	(cm)	(L)
18	A18 - A35	0,0935	93,4739	110	0,11	0,0041	0,009	0,4	0,632	0,0439	0,33	0,75	0,33	0,50	36	3,6	2240
19	A19 - A23	0,0501	50,0928	110	0,11	0,0042	0,009	0,4	0,120	0,0060	0,21	0,63	0,28	0,50	23	2,3	2240
20	A20 - A22	0,0480	47,9718	110	0,11	0,0053	0,009	0,6	0,107	0,0055	0,21	0,63	0,35	0,64	23	2,3	1540
21	A21 - A22	0,0646	64,6184	110	0,11	0,0039	0,009	0,4	0,236	0,0133	0,22	0,64	0,27	0,48	24	2,4	2240
22	A22 - A23	0,0816	81,6058	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,440	0,0240	0,25	0,67	0,24	0,41	28	2,8	-
23	A23 - A25	0,0875	87,4778	110	0,11	0,0044	0,009	0,5	0,529	0,0277	0,26	0,68	0,32	0,53	29	2,9	-
24	A24 - A25	0,0558	55,7673	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,159	0,0081	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
25	A25 - A27	0,1059	105,9283	110	0,11	0,0035	0,009	0,4	0,882	0,0453	0,33	0,75	0,28	0,43	36	3,6	-
26	A26 - A27	0,0558	55,7673	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,159	0,0081	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
27	A27 - A29	0,1094	109,3699	110	0,11	0,0044	0,012	0,4	0,862	0,0438	0,32	0,74	0,27	0,41	40	4,0	-
28	A28 - A29	0,0423	42,3492	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,076	0,0034	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
29	A29 - A34	0,1021	102,0692	110	0,11	0,0072	0,012	0,6	0,729	0,0381	0,28	0,70	0,41	0,67	35	3,5	-
30	A30 - A33	0,0621	62,0907	110	0,11	0,0053	0,009	0,6	0,212	0,0125	0,23	0,65	0,36	0,64	25	2,5	1540
31	A31 - A32	0,0641	64,1479	110	0,11	0,0053	0,009	0,6	0,231	0,0139	0,23	0,65	0,36	0,65	25	2,5	1540
32	A32 - A33	0,0760	75,9636	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,363	0,0217	0,25	0,67	0,24	0,41	28	2,8	-
33	A33 - A34	0,0969	96,8696	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,695	0,0412	0,31	0,73	0,26	0,41	34	3,4	-
34	A34 - A35	0,1010	101,0253	110	0,11	0,0114	0,031	0,4	0,667	0,0364	0,28	0,70	0,25	0,42	56	5,6	-
35	A35 - A36	0,1031	103,1036	110	0,11	0,0114	0,031	0,4	0,897	0,0524	0,35	0,77	0,28	0,42	70	7,0	-
36	A36 - A37	0,1035	103,5273	110	0,11	0,0134	0,031	0,4	0,972	0,0593	0,36	0,78	0,33	0,49	72	7,2	-
37	A37 - A38	0,1043	104,2731	110	0,11	0,0256	0,071	0,4	0,624	0,0393	0,29	0,71	0,26	0,42	87	8,7	-
38	A38 - A39	0,1063	106,2643	110	0,11	0,0319	0,031	1,0	0,599	0,0386	0,29	0,71	0,72	1,17	58	5,8	-
39	A39 - A40	0,1065	106,4759	110	0,11	0,0433	0,031	1,4	0,539	0,0348	0,28	0,70	0,97	1,59	56	5,6	-
40	A40 - H34	0,1078	107,8362	110	0,11	0,0401	0,031	1,3	0,730	0,0460	0,33	0,75	0,96	1,47	66	6,6	-
41	B1 - B3	0,0541	54,1272	110	0,11	0,0038	0,009	0,4	0,147	0,0075	0,21	0,63	0,25	0,46	23	2,3	2240
42	B2 - B3	0,0646	64,5993	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,236	0,0129	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	2240
43	B3 - B5	0,0826	82,5879	110	0,11	0,0037	0,009	0,4	0,454	0,0236	0,26	0,68	0,27	0,45	29	2,9	-
44	B4 - B5	0,0541	54,0506	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,147	0,0073	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
45	B5 - B7	0,0972	97,2019	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,701	0,0355	0,28	0,70	0,25	0,41	31	3,1	-
46	B6 - B7	0,0460	46,0454	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,096	0,0044	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
47	B7 - B8	0,1014	101,4389	110	0,11	0,0055	0,009	0,6	0,786	0,0430	0,32	0,74	0,43	0,66	35	3,5	-
48	B9 - B19	0,0341	34,0877	110	0,11	0,0050	0,009	0,5	0,043	0,0018	0,2	0,62	0,33	0,61	22	2,2	1540
49	B10 - B14	0,0471	47,0722	110	0,11	0,0066	0,009	0,7	0,101	0,0054	0,21	0,63	0,44	0,80	23	2,3	1260

No.	Jalur Pipa	D hitung		D apply		Qfull check	A full	Vfull cek	Q peak/Q full check	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min	V peak	d min		Q Gelontor
		(m)	(mm)	(mm)	(m)	(m³/s)	(m²)	(m/s)	(m³/s)			(m/s)	(m/s)	(m/s)	(mm)	(cm)	(L)
50	B11 - B13	0,0618	61,7994	110	0,11	0,0053	0,009	0,6	0,210	0,0123	0,25	0,67	0,37	0,64	28	2,8	1540
51	B12 - B13	0,0473	47,2854	110	0,11	0,0044	0,009	0,5	0,103	0,0050	0,21	0,63	0,29	0,54	23	2,3	2240
52	B13 - B14	0,0850	85,0328	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,491	0,0268	0,26	0,68	0,24	0,41	29	2,9	-
53	B14 - B15	0,1033	103,2965	110	0,11	0,0044	0,012	0,4	0,586	0,0311	0,28	0,70	0,25	0,41	35	3,5	-
54	B8 - B15	0,1109	110,8627	110	0,11	0,0061	0,012	0,5	0,708	0,0388	0,29	0,71	0,35	0,57	36	3,6	-
55	B15 - E18	0,1096	109,6323	110	0,11	0,0156	0,031	0,5	0,450	0,0242	0,26	0,68	0,34	0,57	52	5,2	-
56	B16 - B18	0,0444	44,4015	110	0,11	0,0037	0,009	0,4	0,087	0,0040	0,21	0,63	0,25	0,45	23	2,3	2240
57	B17 - B18	0,0483	48,2582	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,108	0,0051	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
58	B' - B"	0,0566	56,5936	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,166	0,0085	0,22	0,64	0,23	0,41	24	2,4	2240
59	B18 - B"	0,0631	63,1131	110	0,11	0,0048	0,009	0,5	0,222	0,0103	0,25	0,67	0,34	0,58	28	2,8	-
60	B" - B19	0,0772	77,2448	110	0,11	0,0054	0,009	0,6	0,380	0,0183	0,26	0,68	0,39	0,66	29	2,9	-
61	B20 - B21	0,0591	59,0971	110	0,11	0,0051	0,009	0,5	0,186	0,0106	0,25	0,67	0,36	0,62	28	2,8	1540
62	B19 - B21	0,0865	86,4977	110	0,11	0,0044	0,009	0,5	0,514	0,0245	0,27	0,69	0,32	0,54	30	3,0	-
63	B22 - B23	0,0707	70,6907	110	0,11	0,0056	0,009	0,6	0,300	0,0191	0,26	0,68	0,40	0,67	29	2,9	1540
64	B21 - B23	0,0864	86,3778	110	0,11	0,0063	0,009	0,7	0,512	0,0258	0,27	0,69	0,46	0,76	30	3,0	-
65	B24 - B25	0,0691	69,0846	110	0,11	0,0051	0,009	0,5	0,282	0,0174	0,25	0,67	0,36	0,62	28	2,8	1540
66	B23 - B25	0,1482	148,1704	200	0,2	0,0114	0,031	0,4	0,438	0,0239	0,26	0,68	0,25	0,42	52	5,2	-
67	B25 - B31	0,0909	90,8569	110	0,11	0,0110	0,009	1,2	0,586	0,0329	0,28	0,70	0,81	1,33	31	3,1	-
68	B26 - B30	0,0638	63,8489	110	0,11	0,0054	0,009	0,6	0,229	0,0137	0,25	0,67	0,38	0,65	28	2,8	1540
69	B27 - B29	0,0625	62,4777	110	0,11	0,0052	0,009	0,5	0,216	0,0127	0,25	0,67	0,37	0,63	28	2,8	1540
70	B28 - B29	0,0469	46,8926	110	0,11	0,0037	0,009	0,4	0,100	0,0047	0,21	0,63	0,24	0,44	23	2,3	2240
71	B29 - B30	0,0816	81,6058	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,440	0,0246	0,27	0,69	0,25	0,41	30	3,0	-
72	B30 - B31	0,0893	89,2822	110	0,11	0,0049	0,009	0,5	0,559	0,0322	0,28	0,70	0,36	0,59	31	3,1	-
73	B31 - E18	0,1822	182,2151	200	0,2	0,0126	0,031	0,4	0,761	0,0428	0,3	0,72	0,29	0,46	60	6,0	-
74	E1 - E2	0,0552	55,1583	110	0,11	0,0066	0,009	0,7	0,155	0,0089	0,22	0,64	0,44	0,80	24	2,4	1260
75	E3 - E4	0,0516	51,5718	110	0,11	0,0049	0,009	0,5	0,129	0,0068	0,22	0,64	0,33	0,59	24	2,4	2240
76	E2 - E4	0,0707	70,6625	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,300	0,0172	0,25	0,67	0,24	0,41	28	2,8	-
77	E4 - E6	0,0820	81,9791	110	0,11	0,0048	0,009	0,5	0,445	0,0241	0,27	0,69	0,35	0,58	30	3,0	-
78	E5 - E6	0,0614	61,4114	110	0,11	0,0045	0,009	0,5	0,206	0,0117	0,23	0,65	0,31	0,55	25	2,5	2240
79	E6 - E8	0,1440	143,9646	200	0,2	0,0114	0,031	0,4	0,406	0,0234	0,27	0,69	0,25	0,42	54	5,4	-
80	E7 - E8	0,0607	60,6929	110	0,11	0,0044	0,009	0,5	0,200	0,0112	0,23	0,65	0,30	0,54	25	2,5	2240
81	E9 - E13	0,0446	44,5972	110	0,11	0,0052	0,009	0,5	0,088	0,0043	0,21	0,63	0,34	0,63	23	2,3	1540

No.	Jalur Pipa	D hitung		D apply		Qfull check	A full	Vfull cek	Q peak/Q full check	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min	V peak	d min		Q Gelontor
		(m)	(mm)	(mm)	(m)	(m³/s)	(m²)	(m/s)	(m³/s)				(m/s)	(m/s)	(mm)	(cm)	(L)
82	E10 - E12	0,0637	63,7261	110	0,11	0,0050	0,009	0,5	0,227	0,0134	0,23	0,65	0,35	0,61	25	2,5	1540
83	E11 - E12	0,0485	48,4609	110	0,11	0,0061	0,009	0,6	0,110	0,0058	0,21	0,63	0,41	0,74	23	2,3	1540
84	E12 - E13	0,0879	87,8531	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,535	0,0304	0,28	0,70	0,25	0,41	31	3,1	-
85	E13 - E14	0,0874	87,3575	110	0,11	0,0052	0,009	0,5	0,527	0,0286	0,27	0,69	0,38	0,63	30	3,0	-
86	E8 - E14	0,1196	119,5623	125	0,125	0,0068	0,012	0,6	0,866	0,0491	0,33	0,75	0,41	0,64	41	4,1	-
87	E15 - E17	0,0779	77,9204	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,389	0,0236	0,27	0,69	0,25	0,41	30	3,0	2240
88	E16 - E17	0,0582	58,1884	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,178	0,0093	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
89	E17 - E19	0,0911	91,1233	110	0,11	0,0038	0,009	0,4	0,590	0,0331	0,28	0,70	0,28	0,46	31	3,1	-
90	E18 - E19	0,2251	225,1217	250	0,25	0,0250	0,049	0,5	0,737	0,0414	0,32	0,74	0,38	0,59	80	8,0	-
91	E19 - E20	0,2811	281,1094	300	0,3	0,0256	0,071	0,4	0,820	0,0459	0,32	0,74	0,27	0,42	96	9,6	-
92	E14 - E20	0,1849	184,8764	200	0,2	0,0114	0,031	0,4	0,791	0,0439	0,32	0,74	0,27	0,42	64	6,4	-
93	E21 - E22	0,0850	85,0328	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,491	0,0312	0,27	0,69	0,25	0,41	30	3,0	2240
94	E20 - E22	0,2600	260,0390	300	0,3	0,0459	0,071	0,7	0,666	0,0372	0,28	0,70	0,46	0,75	84	8,4	-
95	E22 - E24	0,3405	340,5304	355	0,355	0,0371	0,099	0,4	0,873	0,0490	0,33	0,75	0,28	0,43	117	11,7	-
96	E23 - E24	0,0755	75,4611	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,357	0,0213	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	2240
97	E24 - E26	0,3471	347,0830	355	0,355	0,0371	0,099	0,4	0,918	0,0516	0,35	0,77	0,29	0,43	124	12,4	-
98	E25 - E26	0,0729	72,9062	110	0,11	0,0045	0,009	0,5	0,326	0,0202	0,23	0,65	0,31	0,55	25	2,5	2240
99	E26 - E28	0,3536	353,5960	355	0,355	0,0371	0,099	0,4	0,965	0,0543	0,35	0,77	0,29	0,43	124	12,4	-
100	E27 - E28	0,0815	81,4548	110	0,11	0,0040	0,009	0,4	0,438	0,0281	0,24	0,66	0,28	0,49	26	2,6	2240
101	E28 - E30	0,1671	167,1137	200	0,2	0,0632	0,031	2,0	0,604	0,0342	0,27	0,69	1,39	2,31	54	5,4	-
102	E29 - E30	0,0871	87,0628	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,523	0,0336	0,27	0,69	0,25	0,41	30	3,0	2240
103	E30 - E32	0,2071	207,0855	250	0,25	0,0689	0,049	1,4	0,590	0,0336	0,27	0,69	0,97	1,61	68	6,8	-
104	E31 - E32	0,0735	73,4636	110	0,11	0,0042	0,009	0,4	0,332	0,0204	0,24	0,66	0,29	0,50	26	2,6	2240
105	E33 - E34	0,0710	71,0093	110	0,11	0,0049	0,009	0,5	0,303	0,0189	0,23	0,65	0,34	0,60	25	2,5	2240
106	E32 - E34	0,2276	227,5715	250	0,25	0,0557	0,049	1,1	0,759	0,0432	0,32	0,74	0,84	1,30	80	8,0	-
107	E34 - E36	0,3955	395,4710	400	0,4	0,0466	0,126	0,4	0,946	0,0540	0,35	0,77	0,29	0,43	140	14,0	-
108	E35 - E36	0,0481	48,1174	110	0,11	0,0060	0,009	0,6	0,108	0,0057	0,21	0,63	0,40	0,73	23	2,3	1260
109	E36 - E38	0,2646	264,6465	300	0,3	0,0646	0,071	0,9	0,698	0,0397	0,27	0,69	0,63	1,05	81	8,1	-
110	E37 - E38	0,0584	58,3680	110	0,11	0,0063	0,009	0,7	0,180	0,0106	0,22	0,64	0,42	0,76	24	2,4	1260
111	E39 - E41	0,0468	46,8292	110	0,11	0,0067	0,009	0,7	0,100	0,0053	0,21	0,63	0,45	0,81	23	2,3	1260
112	E40 - E41	0,0628	62,8364	110	0,11	0,0061	0,009	0,6	0,219	0,0133	0,22	0,64	0,41	0,74	24	2,4	1260
113	E38 - E42	0,2708	270,7774	300	0,3	0,0626	0,071	0,9	0,742	0,0422	0,31	0,73	0,65	1,02	93	9,3	-

No.	Jalur Pipa	D hitung		D apply		Qfull check	A full	Vfull cek	Q peak/Q full check	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min	V peak	d min		Q Gelontor
		(m)	(mm)	(mm)	(m)	(m³/s)	(m²)	(m/s)	(m³/s)			(m/s)	(m/s)	(m/s)	(mm)	(cm)	(L)
114	E41 - E42	0,0778	77,7934	110	0,11	0,0055	0,009	0,6	0,387	0,0221	0,24	0,66	0,38	0,67	26	2,6	-
115	E42 - F3	0,3045	304,5265	355	0,355	0,0781	0,099	0,8	0,648	0,0371	0,28	0,70	0,55	0,91	99	9,9	-
116	F1 - F'	0,0351	35,1092	110	0,11	0,0056	0,009	0,6	0,046	0,0020	0,2	0,62	0,37	0,68	22	2,2	1540
117	F2 - F'	0,0549	54,9201	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,153	0,0077	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
118	F' - F3	0,0599	59,9008	110	0,11	0,0048	0,009	0,5	0,193	0,0090	0,21	0,63	0,32	0,58	23	2,3	-
119	F4 - F5	0,0483	48,2582	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,108	0,0051	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
120	F3 - F5	0,3067	306,6732	355	0,355	0,0785	0,099	0,8	0,660	0,0376	0,27	0,69	0,55	0,91	96	9,6	-
121	F6 - F8	0,0965	96,5353	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,688	0,0468	0,32	0,74	0,26	0,41	35	3,5	2240
122	F7 - F8	0,0875	87,4594	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,529	0,0341	0,27	0,69	0,25	0,41	30	3,0	2240
123	F8 - F10	0,1058	105,7537	125	0,125	0,0071	0,012	0,6	0,624	0,0406	0,31	0,73	0,42	0,66	39	3,9	-
124	F9 - F10	0,0812	81,1602	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,433	0,0269	0,24	0,66	0,24	0,41	26	2,6	2240
125	F10 - F12	0,1405	140,5287	200	0,2	0,0161	0,031	0,5	0,380	0,0242	0,24	0,66	0,34	0,59	48	4,8	-
126	F11 - F12	0,0683	68,3444	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,274	0,0155	0,22	0,64	0,23	0,41	24	2,4	2240
127	F12 - F18	0,1298	129,7935	140	0,14	0,0097	0,015	0,6	0,797	0,0492	0,33	0,75	0,47	0,73	46	4,6	-
128	F13 - F15	0,0701	70,0949	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,293	0,0168	0,22	0,64	0,23	0,41	24	2,4	2240
129	F14 - F15	0,0549	54,9201	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,153	0,0077	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
130	F16 - F17	0,1019	101,8507	125	0,125	0,0045	0,012	0,4	0,565	0,0390	0,28	0,70	0,26	0,42	35	3,5	2240
131	F15 - F17	0,1085	108,4543	125	0,125	0,0054	0,012	0,4	0,668	0,0412	0,31	0,73	0,32	0,51	39	3,9	-
132	F17 - F18	0,1390	138,9844	200	0,2	0,0166	0,031	0,5	0,369	0,0239	0,24	0,66	0,35	0,61	48	4,8	-
133	F19 - F20	0,0884	88,4056	110	0,11	0,0037	0,009	0,4	0,544	0,0359	0,28	0,70	0,27	0,44	31	3,1	2240
134	F18 - F20	0,1761	176,0879	200	0,2	0,0208	0,031	0,7	0,694	0,0435	0,31	0,73	0,48	0,76	62	6,2	-
135	F21 - F22	0,0931	93,0812	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,625	0,0417	0,31	0,73	0,26	0,41	34	3,4	2240
136	F20 - F22	0,1644	164,3954	200	0,2	0,0286	0,031	0,9	0,578	0,0363	0,28	0,70	0,64	1,05	56	5,6	-
137	F22 - F23	0,1778	177,8175	200	0,2	0,0274	0,031	0,9	0,713	0,0448	0,31	0,73	0,64	1,00	62	6,2	-
138	F5 - F23	0,2843	284,3472	300	0,3	0,0634	0,071	0,9	0,845	0,0482	0,32	0,74	0,66	1,03	96	9,6	-
139	F24 - F25	0,0643	64,3263	110	0,11	0,0046	0,009	0,5	0,233	0,0136	0,22	0,64	0,31	0,56	24	2,4	1540
140	F23 - F25	0,3484	348,4357	355	0,355	0,0799	0,099	0,8	0,928	0,0544	0,35	0,77	0,62	0,93	124	12,4	-
141	F26 - F27	0,0779	77,9204	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,389	0,0236	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	2240
142	F25 - F27	0,3776	377,6387	400	0,4	0,0905	0,126	0,7	0,836	0,0490	0,33	0,75	0,54	0,83	132	13,2	-
143	F28 - F29	0,0619	61,8864	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,210	0,0113	0,22	0,64	0,23	0,41	24	2,4	2240
144	F27 - F29	0,4746	474,5909	475	0,475	0,0793	0,177	0,4	0,973	0,0570	0,35	0,77	0,34	0,51	166	16,6	-
145	F29 - F31	0,4738	473,7799	475	0,475	0,0807	0,177	0,5	0,968	0,0566	0,35	0,77	0,35	0,52	166	16,6	-

No.	Jalur Pipa	D hitung		D apply		Qfull check	A full	Vfull cek	Q peak/Q full check	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min	V peak	d min		Q Gelontor
		(m)	(mm)	(mm)	(m)	(m³/s)	(m²)	(m/s)	(m³/s)				(m/s)	(m/s)	(mm)	(cm)	(L)
146	F30 - F31	0,0853	85,2866	110	0,11	0,0040	0,009	0,4	0,495	0,0326	0,28	0,70	0,30	0,49	31	3,1	2240
147	F32 - F34	0,0616	61,6199	110	0,11	0,0039	0,009	0,4	0,208	0,0114	0,22	0,64	0,26	0,47	24	2,4	2240
148	F33 - F34	0,0499	49,9439	110	0,11	0,0035	0,009	0,4	0,119	0,0057	0,21	0,63	0,23	0,42	23	2,3	2240
149	F34 - F36	0,0753	75,2587	110	0,11	0,0046	0,009	0,5	0,354	0,0182	0,22	0,64	0,31	0,55	24	2,4	-
150	F35 - F36	0,0513	51,3401	110	0,11	0,0047	0,009	0,5	0,128	0,0066	0,21	0,63	0,31	0,57	23	2,3	1540
151	F36 - F42	0,0948	94,8345	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,656	0,0338	0,28	0,70	0,25	0,41	31	3,1	-
152	F37 - F39	0,0438	43,7761	110	0,11	0,0054	0,009	0,6	0,084	0,0041	0,21	0,63	0,36	0,66	23	2,3	1540
153	F38 - F39	0,0503	50,3136	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,121	0,0058	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
154	F39 - F41	0,0594	59,4365	110	0,11	0,0047	0,009	0,5	0,189	0,0091	0,21	0,63	0,31	0,57	23	2,3	-
155	F40 - F41	0,0522	52,2378	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,134	0,0066	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
156	F41- F42	0,0816	81,6058	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,440	0,0209	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	-
157	F42 - F43	0,0940	94,0259	110	0,11	0,0066	0,009	0,7	0,642	0,0321	0,27	0,69	0,48	0,80	30	3,0	-
158	F31 - F43	0,4532	453,1585	475	0,475	0,0932	0,177	0,5	0,860	0,0504	0,35	0,77	0,40	0,60	166	16,6	-
159	F43 - F46	0,2771	277,1286	300	0,3	0,1083	0,071	1,5	0,789	0,0459	0,34	0,76	1,16	1,76	102	10,2	-
160	F45 - F46	0,0399	39,9101	110	0,11	0,0073	0,009	0,8	0,065	0,0032	0,2	0,62	0,48	0,88	22	2,2	1260
161	F46 - F48	0,2466	246,5595	250	0,25	0,0915	0,049	1,9	0,940	0,0546	0,35	0,77	1,44	2,15	88	8,8	-
162	F44 - F48	0,0565	56,4747	110	0,11	0,0079	0,009	0,8	0,165	0,0100	0,22	0,64	0,53	0,95	24	2,4	560
163	F48 - F50	0,2754	275,4130	300	0,3	0,1126	0,071	1,6	0,776	0,0451	0,33	0,75	1,20	1,83	99	9,9	-
164	F49 - F50	0,0508	50,8208	110	0,11	0,0082	0,009	0,9	0,124	0,0072	0,21	0,63	0,54	0,99	23	2,3	560
165	F50 - F52	0,3241	324,1110	355	0,355	0,1159	0,099	1,2	0,765	0,0444	0,33	0,75	0,88	1,35	117	11,7	-
166	F51 - F52	0,0322	32,1637	110	0,11	0,0100	0,009	1,1	0,037	0,0017	0,2	0,62	0,65	1,21	22	2,2	420
167	F52 - F59	0,2789	278,8564	300	0,3	0,1111	0,071	1,6	0,802	0,0466	0,32	0,74	1,16	1,81	96	9,6	-
168	F58 - F59	0,0340	34,0062	110	0,11	0,0132	0,009	1,4	0,043	0,0022	0,2	0,62	0,86	1,60	22	2,2	420
169	F59 - G15	0,3634	363,3867	375	0,375	0,1007	0,110	0,9	0,897	0,0519	0,35	0,77	0,70	1,05	131	13,1	-
170	F53 - F55	0,0477	47,7496	110	0,11	0,0090	0,009	1,0	0,105	0,0060	0,2	0,62	0,59	1,09	22	2,2	560
171	F54 - F55	0,0701	70,0949	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,293	0,0168	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	2240
172	F56 - F57	0,0677	67,6743	110	0,11	0,0039	0,009	0,4	0,267	0,0154	0,23	0,65	0,27	0,47	25	2,5	2240
173	F55 - F57	0,0652	65,1761	110	0,11	0,0122	0,009	1,3	0,241	0,0138	0,23	0,65	0,83	1,48	25	2,5	-
174	F57 - H40	0,0908	90,8279	110	0,11	0,0075	0,009	0,8	0,585	0,0330	0,28	0,70	0,55	0,90	31	3,1	-
175	G1 - G3	0,0641	64,0844	110	0,11	0,0040	0,009	0,4	0,231	0,0131	0,23	0,65	0,28	0,49	25	2,5	2240
176	G2 - G3	0,0368	36,8157	110	0,11	0,0037	0,009	0,4	0,053	0,0022	0,21	0,63	0,25	0,45	23	2,3	2240
177	G3 - G5	0,0707	70,7180	110	0,11	0,0046	0,009	0,5	0,300	0,0156	0,23	0,65	0,32	0,56	25	2,5	-

No.	Jalur Pipa	D hitung		D apply		Qfull check	A full	Vfull cek	Q peak/Q full check	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min	V peak	d min		Q Gelontor
		(m)	(mm)	(mm)	(m)	(m³/s)	(m²)	(m/s)	(m³/s)			(m/s)	(m/s)	(m/s)	(mm)	(cm)	(L)
178	G4 - G5	0,0426	42,6092	110	0,11	0,0067	0,009	0,7	0,078	0,0039	0,21	0,63	0,44	0,81	23	2,3	1260
179	G5 - G7	0,0927	92,7239	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,618	0,0313	0,28	0,70	0,25	0,41	31	3,1	-
180	G6 - G7	0,0485	48,5203	110	0,11	0,0045	0,009	0,5	0,110	0,0055	0,21	0,63	0,30	0,55	23	2,3	1540
181	G8 - G10	0,0545	54,4914	110	0,11	0,0040	0,009	0,4	0,150	0,0078	0,21	0,63	0,27	0,49	23	2,3	2240
182	G9 - G10	0,0443	44,3312	110	0,11	0,0035	0,009	0,4	0,086	0,0039	0,21	0,63	0,23	0,42	23	2,3	2240
183	G10 - G12	0,0671	67,0917	110	0,11	0,0046	0,009	0,5	0,261	0,0126	0,23	0,65	0,31	0,55	25	2,5	-
184	G11 - G12	0,0460	46,0454	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,096	0,0044	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
185	G7 - G12	0,0987	98,7140	110	0,11	0,0039	0,009	0,4	0,731	0,0364	0,28	0,70	0,29	0,47	31	3,1	-
186	G12 - G14	0,0953	95,2812	110	0,11	0,0069	0,009	0,7	0,665	0,0325	0,28	0,70	0,51	0,83	31	3,1	-
187	G13 - G14	0,0882	88,2439	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,542	0,0351	0,28	0,70	0,25	0,41	31	3,1	2240
188	G14 - G15	0,1629	162,8725	200	0,2	0,0114	0,031	0,4	0,564	0,0301	0,27	0,69	0,25	0,42	54	5,4	-
189	G15 - H40	0,3828	382,8361	400	0,4	0,1115	0,126	0,9	0,867	0,0500	0,35	0,77	0,68	1,02	140	14,0	-
190	G16 - G17	0,0396	39,5505	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,064	0,0027	0,2	0,62	0,22	0,41	22	2,2	2240
191	G17 - G19	0,0483	48,2582	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,108	0,0044	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	-
192	G18 - G19	0,0483	48,3185	110	0,11	0,0038	0,009	0,4	0,109	0,0052	0,21	0,63	0,25	0,46	23	2,3	2240
193	G19 - G21	0,0689	68,9362	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,280	0,0123	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	-
194	G20 - G21	0,0395	39,4781	110	0,11	0,0051	0,009	0,5	0,063	0,0029	0,2	0,62	0,33	0,62	22	2,2	1540
195	G21 - G23	0,0605	60,5446	110	0,11	0,0070	0,009	0,7	0,198	0,0087	0,21	0,63	0,46	0,85	23	2,3	-
196	G22 - G23	0,0354	35,3584	110	0,11	0,0078	0,009	0,8	0,047	0,0022	0,2	0,62	0,51	0,94	22	2,2	1260
197	G23 - G25	0,0882	88,2439	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,542	0,0239	0,25	0,67	0,24	0,41	28	2,8	-
198	G24 - G25	0,0639	63,9390	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,229	0,0125	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	2240
199	G25 - G27	0,0960	96,0387	110	0,11	0,0039	0,009	0,4	0,679	0,0320	0,28	0,70	0,28	0,47	31	3,1	-
200	G26 - G27	0,0367	36,6623	110	0,11	0,0075	0,009	0,8	0,052	0,0025	0,2	0,62	0,49	0,91	22	2,2	1260
201	G27 - G29	0,1070	106,9696	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,905	0,0425	0,31	0,73	0,26	0,41	34	3,4	-
202	G30 - G31	0,0529	52,9362	110	0,11	0,0058	0,009	0,6	0,139	0,0076	0,21	0,63	0,38	0,70	23	2,3	1540
203	G29 - G31	0,1049	104,8915	110	0,11	0,0043	0,009	0,5	0,859	0,0405	0,31	0,73	0,33	0,52	34	3,4	-
204	G28 - G29	0,0397	39,6844	110	0,11	0,0084	0,009	0,9	0,064	0,0033	0,2	0,62	0,55	1,02	22	2,2	560
205	G31 - G35	0,1245	124,5359	125	0,125	0,0048	0,012	0,4	0,965	0,0466	0,32	0,74	0,29	0,45	40	4,0	-
206	G32 - G34	0,0396	39,5505	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,064	0,0027	0,2	0,62	0,22	0,41	22	2,2	2240
207	G33 - G34	0,0280	28,0495	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,025	0,0009	0,2	0,62	0,22	0,41	22	2,2	2240
208	G34 - G35	0,0604	60,4093	110	0,11	0,0049	0,009	0,5	0,197	0,0097	0,21	0,63	0,33	0,60	23	2,3	-
209	G36 - G37	0,0394	39,4238	110	0,11	0,0065	0,009	0,7	0,063	0,0030	0,2	0,62	0,42	0,79	22	2,2	1260

No.	Jalur Pipa	D hitung		D apply		Qfull check	A full	Vfull cek	Q peak/Q full check	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min	V peak	d min		Q Gelontor
		(m)	(mm)	(mm)	(m)	(m³/s)	(m²)	(m/s)	(m³/s)			(m/s)	(m/s)	(m/s)	(mm)	(cm)	(L)
210	G35 - G37	0,1564	156,4008	200	0,2	0,0112	0,031	0,4	0,506	0,0244	0,25	0,67	0,24	0,41	50	5,0	-
211	G37 - G39	0,1478	147,8488	200	0,2	0,0140	0,031	0,4	0,436	0,0210	0,24	0,66	0,29	0,51	48	4,8	-
212	G40 - G41	0,0464	46,3526	110	0,11	0,0067	0,009	0,7	0,097	0,0051	0,21	0,63	0,44	0,81	23	2,3	1260
213	G39 - G41	0,1533	153,2587	200	0,2	0,0138	0,031	0,4	0,479	0,0231	0,25	0,67	0,29	0,50	50	5,0	-
214	G38 - G39	0,0366	36,6002	110	0,11	0,0096	0,009	1,0	0,052	0,0026	0,2	0,62	0,63	1,16	22	2,2	560
215	G42 - G43	0,0383	38,3312	110	0,11	0,0100	0,009	1,0	0,059	0,0030	0,2	0,62	0,65	1,21	22	2,2	560
216	G41 - G43	0,1574	157,4044	200	0,2	0,0141	0,031	0,4	0,515	0,0251	0,25	0,67	0,30	0,52	50	5,0	-
217	G43 - G45	0,1119	111,8545	125	0,125	0,0118	0,012	1,0	0,725	0,0357	0,29	0,71	0,68	1,10	36	3,6	-
218	G44 - G45	0,0378	37,7575	110	0,11	0,0161	0,009	1,7	0,056	0,0032	0,2	0,62	1,05	1,95	22	2,2	-
219	G45 - G47	0,1914	191,3673	200	0,2	0,0114	0,031	0,4	0,867	0,0432	0,32	0,74	0,27	0,42	64	6,4	-
220	G46 - G47	0,0356	35,6255	110	0,11	0,0144	0,009	1,5	0,048	0,0026	0,2	0,62	0,94	1,74	22	2,2	-
221	G47 - G49	0,1212	121,2254	125	0,125	0,0119	0,012	1,0	0,898	0,0449	0,33	0,75	0,72	1,11	41	4,1	-
222	G48 - G49	0,0308	30,7632	110	0,11	0,0146	0,009	1,5	0,033	0,0016	0,1	0,52	0,80	1,77	11	1,1	-
223	G49 - H39	0,1075	107,4645	110	0,11	0,0122	0,009	1,3	0,916	0,0457	0,33	0,75	0,96	1,48	36	3,6	-
224	H1 - H3	0,0816	81,6058	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,440	0,0273	0,25	0,67	0,24	0,41	28	2,8	2240
225	H2 - H3	0,0597	59,7135	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,191	0,0101	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	2240
226	H3 - H5	0,0840	83,9734	110	0,11	0,0045	0,009	0,5	0,475	0,0281	0,25	0,67	0,32	0,55	28	2,8	-
227	H4 - H5	0,0646	64,5993	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,236	0,0129	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	2240
228	H5 - H7	0,0987	98,7393	110	0,11	0,0057	0,009	0,6	0,731	0,0427	0,32	0,74	0,44	0,68	35	3,5	-
229	H6 - H7	0,0599	59,8647	110	0,11	0,0047	0,009	0,5	0,192	0,0108	0,23	0,65	0,32	0,57	25	2,5	2240
230	H7 - H9	0,1366	136,6004	140	0,14	0,0055	0,015	0,4	0,913	0,0530	0,35	0,77	0,28	0,41	49	4,9	-
231	H8 - H9	0,1041	104,0585	110	0,11	0,0024	0,009	0,3	0,841	0,0557	0,35	0,77	0,20	0,30	39	3,9	2240
232	H9 - H11	0,1734	173,4359	200	0,2	0,0114	0,031	0,4	0,667	0,0398	0,29	0,71	0,26	0,42	58	5,8	-
233	H10 - H11	0,0829	82,9186	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,459	0,0288	0,26	0,68	0,24	0,41	29	2,9	2240
234	H11 - H13	0,1170	116,9807	125	0,125	0,0114	0,012	0,9	0,817	0,0489	0,33	0,75	0,70	1,07	41	4,1	-
235	H12 - H13	0,0419	41,8963	110	0,11	0,0070	0,009	0,7	0,074	0,0037	0,2	0,62	0,46	0,85	22	2,2	1260
236	H13 - H15	0,1041	104,1404	110	0,11	0,0117	0,009	1,2	0,843	0,0500	0,35	0,77	0,95	1,42	39	3,9	-
237	H14 - H15	0,0440	43,9900	110	0,11	0,0084	0,009	0,9	0,085	0,0045	0,2	0,62	0,55	1,02	22	2,2	560
238	H' - H"	0,0456	45,5537	110	0,11	0,0075	0,009	0,8	0,093	0,0050	0,21	0,63	0,49	0,90	23	2,3	1260
239	H15 - H"	0,1086	108,5755	110	0,11	0,0112	0,009	1,2	0,942	0,0555	0,35	0,77	0,91	1,36	39	3,9	-
240	H16 - H17	0,0454	45,3755	110	0,11	0,0073	0,009	0,8	0,092	0,0049	0,21	0,63	0,48	0,88	23	2,3	1260
241	H" - H17	0,1057	105,7065	110	0,11	0,0129	0,009	1,4	0,877	0,0514	0,35	0,77	1,04	1,56	39	3,9	-

No.	Jalur Pipa	D hitung		D apply		Qfull check	A full	Vfull cek	Q peak/Q full check	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min	V peak	d min		Q Gelontor
		(m)	(mm)	(mm)	(m)	(m³/s)	(m²)	(m/s)	(m³/s)				(m/s)	(m/s)	(mm)	(cm)	(L)
242	H17 - H19	0,1205	120,5364	125	0,125	0,0135	0,012	1,1	0,885	0,0516	0,35	0,77	0,85	1,27	44	4,4	-
243	H18 - H19	0,0580	57,9648	110	0,11	0,0056	0,009	0,6	0,177	0,0101	0,23	0,65	0,39	0,68	25	2,5	1540
244	H19 - H21	0,1118	111,7640	125	0,125	0,0179	0,012	1,5	0,723	0,0421	0,31	0,73	1,06	1,68	39	3,9	-
245	H20 - H21	0,0683	68,3444	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,274	0,0155	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	2240
246	H22 - H23	0,0652	65,2486	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,242	0,0134	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	2240
247	H21 - H23	0,1226	122,6244	125	0,125	0,0150	0,012	1,2	0,926	0,0538	0,35	0,77	0,94	1,40	44	4,4	-
248	H23 - H25	0,1300	129,9686	140	0,14	0,0184	0,015	1,2	0,800	0,0463	0,32	0,74	0,88	1,37	45	4,5	-
249	H24 - H25	0,0724	72,3821	110	0,11	0,0043	0,009	0,5	0,319	0,0196	0,23	0,65	0,30	0,53	25	2,5	2240
250	H25 - H33	0,1244	124,3967	125	0,125	0,0167	0,012	1,4	0,963	0,0561	0,36	0,78	1,06	1,57	45	4,5	-
251	H26 - H28	0,1160	115,9941	125	0,125	0,0062	0,012	0,5	0,799	0,0631	0,37	0,79	0,40	0,58	46	4,6	2240
252	H27 - H28	0,1085	108,4903	110	0,11	0,0014	0,009	0,1	0,940	0,0570	0,36	0,78	0,12	0,17	40	4,0	2240
253	H28 - H30	0,1138	113,7909	125	0,125	0,0098	0,009	1,0	0,637	0,0479	0,33	0,75	0,78	1,19	36	3,6	-
254	H29 - H30	0,1486	148,6486	200	0,2	0,0239	0,031	0,8	0,442	0,0406	0,31	0,73	0,55	0,87	62	6,2	2240
255	H30 - H32	0,2084	208,3965	250	0,25	0,0286	0,049	0,6	0,600	0,0509	0,35	0,77	0,45	0,67	88	8,8	-
256	H31 - H32	0,0905	90,5405	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,580	0,0381	0,29	0,71	0,25	0,41	32	3,2	2240
257	H32 - H33	0,2457	245,6865	250	0,25	0,0468	0,031	1,5	0,419	0,0344	0,29	0,71	1,06	1,71	58	5,8	-
258	H33 - H34	0,3414	341,4051	350	0,35	0,0391	0,096	0,4	0,912	0,0651	0,37	0,79	0,32	0,47	130	13,0	-
259	H34 - H36	0,3888	388,7954	400	0,4	0,0734	0,126	0,6	0,904	0,0609	0,36	0,78	0,46	0,67	144	14,4	-
260	H35 - H36	0,0882	88,2439	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,542	0,0351	0,28	0,70	0,25	0,41	31	3,1	2240
261	H37 - H38	0,0729	72,8603	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,325	0,0190	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	2240
262	H36 - H38	0,3707	370,7409	400	0,4	0,0856	0,126	0,7	0,796	0,0536	0,35	0,77	0,52	0,78	140	14,0	-
263	H38 - H39	0,3813	381,3070	400	0,4	0,0835	0,071	1,2	0,829	0,0557	0,35	0,77	0,91	1,36	105	10,5	-
264	H39 - H40	0,3876	387,5830	400	0,4	0,1086	0,071	1,5	0,740	0,0480	0,32	0,74	1,14	1,77	96	9,6	-
265	H40 - H41 (IPAL)	0,3920	391,9542	400	0,4	0,2144	0,096	2,2	0,847	0,0515	0,35	0,77	1,72	2,56	123	12,3	-

Tabel Dimensi Pipa SPAL Cluster II

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Q peak total	Q min	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull	Elevasi Medan		Δ h Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	Δ h Slope Pipa	n
		(m)	(m ³ /s)	(m ³ /s)			(m ³ /s)	awal	akhir					
1	C1 - C3	83,8281	0,000903	0,000041	0,8	0,975	0,0009	15,25	15,18	0,07	0,0008	0,0026	0,22	0,013
2	C2 - C3	45,6437	0,000335	0,000013	0,8	0,975	0,0003	15,25	15,18	0,07	0,0015	0,0026	0,12	0,013
3	C3 - C5	105,0519	0,002116	0,000093	0,8	0,975	0,0022	15,18	14,78	0,4	0,0038	0,0038	0,40	0,013
4	C4 - C5	68,4035	0,000387	0,000015	0,8	0,975	0,0004	15,21	14,78	0,43	0,0063	0,0063	0,43	0,013
5	C5 - C7	68,187	0,002916	0,000124	0,8	0,975	0,0030	14,78	14,4	0,38	0,0056	0,0056	0,38	0,013
6	C6 - C7	78,0275	0,000568	0,000024	0,8	0,975	0,0006	14,85	14,4	0,45	0,0058	0,0058	0,45	0,013
7	C8 - D21	51,9686	0,000723	0,000031	0,8	0,975	0,0007	14,34	14,4	-0,06	-0,0012	0,0026	0,14	0,013
8	C7 - C10	60,1974	0,003820	0,000160	0,8	0,975	0,0039	14,4	12,8	1,6	0,0266	0,0266	1,60	0,013
9	C9 - C10	146,7409	0,001187	0,000057	0,8	0,975	0,0012	11,8	12,8	-1	-0,0068	0,0026	0,38	0,013
10	C10 - D22	87,0065	0,005962	0,000261	0,8	0,975	0,0061	12,8	12,4	0,4	0,0046	0,0046	0,40	0,013
11	C11 - C13	59,4958	0,000671	0,000029	0,8	0,975	0,0007	12,65	8,4	4,25	0,0714	0,0714	4,25	0,013
12	C12 - C13	53,5128	0,000361	0,000014	0,8	0,975	0,0004	11,7	8,4	3,3	0,0617	0,0617	3,30	0,013
13	C13 - D23	59,2631	0,001652	0,000069	0,8	0,975	0,0017	8,4	8,35	0,05	0,0008	0,0026	0,15	0,013
14	C14 - C16	139,0502	0,000981	0,000045	0,8	0,975	0,0010	5,78	5,62	0,16	0,0012	0,0026	0,36	0,013
15	C15 - C16	51,9839	0,000077	0,000002	0,8	0,975	0,0001	5,64	5,62	0,02	0,0004	0,0026	0,14	0,013
16	C16 - D35	136,646	0,002426	0,000115	0,8	0,975	0,0025	5,62	7,55	-1,93	-0,0141	0,0026	0,36	0,013
17	D1 - D3	130,1035	0,000774	0,000034	0,8	0,975	0,0008	18,25	16,77	1,48	0,0114	0,0114	1,48	0,013
18	D2 - D3	100,0459	0,000955	0,000044	0,8	0,975	0,0010	17,88	16,77	1,11	0,0111	0,0111	1,11	0,013
19	D3 - D5	27,9925	0,001858	0,000082	0,8	0,975	0,0019	16,77	16,57	0,2	0,0071	0,0071	0,20	0,013
20	D4 - D5	101,415	0,001006	0,000047	0,8	0,975	0,0010	16,85	16,57	0,28	0,0028	0,0028	0,28	0,013
21	D6 - D10	99,677	0,000671	0,000029	0,8	0,975	0,0007	16,62	16,4	0,22	0,0022	0,0026	0,26	0,013
22	D7 - D9	60,3823	0,000335	0,000013	0,8	0,975	0,0003	16,6	16,52	0,08	0,0013	0,0026	0,16	0,013
23	D8 - D9	40,053	0,000232	0,000008	0,8	0,975	0,0002	16,6	16,52	0,08	0,0020	0,0026	0,10	0,013
24	D9 - D10	20,9987	0,000697	0,000025	0,8	0,975	0,0007	16,52	16,4	0,12	0,0057	0,0057	0,12	0,013
25	D10 - D11	94,1594	0,001858	0,000073	0,8	0,975	0,0019	16,4	16,25	0,15	0,0016	0,0026	0,24	0,013
26	D11 - D13	26,8427	0,002194	0,000086	0,8	0,975	0,0022	16,25	16,19	0,06	0,0022	0,0026	0,07	0,013
27	D12 - D13	174,281	0,000955	0,000044	0,8	0,975	0,0010	16,68	16,19	0,49	0,0028	0,0028	0,49	0,013
28	D13 - D14	29,9711	0,003432	0,000140	0,8	0,975	0,0035	16,19	16,08	0,11	0,0037	0,0037	0,11	0,013
29	D5 - D14	227,6594	0,003613	0,000162	0,8	0,975	0,0037	16,57	16,08	0,49	0,0022	0,0023	0,52	0,013
30	D15 - D16	137,843	0,001058	0,000050	0,8	0,975	0,0011	16,05	15,97	0,08	0,0006	0,0026	0,36	0,013
31	D14 - D16	26,5054	0,007355	0,000313	0,8	0,975	0,0075	16,08	15,97	0,11	0,0042	0,0042	0,11	0,013

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Q peak total	Q min	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull	Elevasi Medan		Δ h Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	Δ h Slope Pipa	n
		(m)	(m³/s)	(m³/s)			(m³/s)	awal	akhir					
32	D16 - D20	114,6599	0,009007	0,000388	0,8	0,975	0,0092	15,97	15,2	0,77	0,0067	0,0067	0,77	0,013
33	D17 - D19	131,268	0,000877	0,000040	0,8	0,975	0,0009	15,98	15,21	0,77	0,0059	0,0059	0,77	0,013
34	D18 - D19	100,285	0,000748	0,000033	0,8	0,975	0,0008	15,95	15,21	0,74	0,0074	0,0074	0,74	0,013
35	D19 - D20	29,7392	0,001626	0,000073	0,8	0,975	0,0017	15,21	15,2	0,01	0,0003	0,0026	0,08	0,013
36	D20 - D21	187,682	0,010633	0,000460	0,8	0,975	0,0109	15,2	14,4	0,8	0,0043	0,0043	0,80	0,013
37	D21 - D22	50,0862	0,011355	0,000492	0,8	0,975	0,0116	14,4	12,4	2	0,0399	0,0399	2,00	0,013
38	D22 - D23	50,8766	0,017317	0,000753	0,8	0,975	0,0178	12,4	8,35	4,05	0,0796	0,0796	4,05	0,013
39	D24 - D26	119,3387	0,000671	0,000029	0,8	0,975	0,0007	15,6	15,25	0,35	0,0029	0,0029	0,35	0,013
40	D25 - D26	85,0419	0,001032	0,000048	0,8	0,975	0,0011	15,55	15,25	0,3	0,0035	0,0035	0,30	0,013
41	D26 - D27	215,1535	0,003252	0,000156	0,8	0,975	0,0033	15,25	8,25	7	0,0325	0,0325	7,00	0,013
42	D23 - D27	7,3162	0,018969	0,000822	0,8	0,975	0,0195	8,35	8,25	0,1	0,0137	0,0137	0,10	0,013
43	D28 - D32	229,379	0,001136	0,000054	0,8	0,975	0,0012	16	14,75	1,25	0,0054	0,0054	1,25	0,013
44	D29 - D31	182,3334	0,001626	0,000083	0,8	0,975	0,0017	15,98	14,78	1,2	0,0066	0,0066	1,20	0,013
45	D30 - D31	110,8313	0,001006	0,000047	0,8	0,975	0,0010	14,76	14,78	-0,02	-0,0002	0,0026	0,29	0,013
46	D31 - D32	27,3223	0,002736	0,000133	0,8	0,975	0,0028	14,78	14,75	0,03	0,0011	0,0026	0,07	0,013
47	D32 - D34	106,2582	0,004826	0,000231	0,8	0,975	0,0049	14,75	11,6	3,15	0,0296	0,0296	3,15	0,013
48	D33 - D34	231,9259	0,002452	0,000136	0,8	0,975	0,0025	15,81	11,6	4,21	0,0182	0,0182	4,21	0,013
49	D34 - D35	25,0705	0,007278	0,000368	0,8	0,975	0,0075	11,6	7,55	4,05	0,1615	0,1615	4,05	0,013
50	D27 - D35	91,6765	0,022814	0,001002	0,8	0,975	0,0234	8,25	7,55	0,7	0,0076	0,0076	0,70	0,013
51	D35 - D36 (IPAL)	201,5132	0,035356	0,001647	0,8	0,975	0,0363	7,55	4,23	3,32	0,0165	0,0165	3,32	0,013

Lanjutan Tabel Dimensi Pipa SPAL Cluster II

No.	Jalur Pipa	D hitung		D apply		Qfull check	A full	Vfull cek	Q peak/Q full check	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min	V peak	d min		Q Gelontor
		(m)	(mm)	(mm)	(m)	(m³/s)	(m²)	(m/s)	(m³/s)				(m/s)	(m/s)	(mm)	(cm)	(L)
1	C1 - C3	0,0676	67,5808	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,266	0,0121	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	2240
2	C2 - C3	0,0466	46,6151	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,099	0,0037	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
3	C3 - C5	0,0866	86,5790	110	0,11	0,0041	0,009	0,4	0,515	0,0227	0,24	0,66	0,29	0,50	26	2,6	-
4	C4 - C5	0,0417	41,6813	110	0,11	0,0053	0,009	0,6	0,073	0,0028	0,2	0,62	0,34	0,64	22	2,2	1540
5	C5 - C7	0,0909	90,9117	110	0,11	0,0050	0,009	0,5	0,587	0,0250	0,25	0,67	0,35	0,60	28	2,8	-
6	C6 - C7	0,0489	48,9027	110	0,11	0,0051	0,009	0,5	0,112	0,0047	0,21	0,63	0,34	0,61	23	2,3	2240
7	C8 - D21	0,0622	62,1559	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,213	0,0093	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
8	C7 - C10	0,0751	75,0502	110	0,11	0,0109	0,009	1,1	0,352	0,0148	0,23	0,65	0,74	1,31	25	2,5	-

No.	Jalur Pipa	D hitung		D apply		Qfull check	A full	Vfull cek	Q peak/Q full check	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min	V peak	d min		Q Gelontor
		(m)	(mm)	(mm)	(m)	(m³/s)	(m²)	(m/s)	(m³/s)				(m/s)	(m/s)	(mm)	(cm)	(L)
9	C9 - C10	0,0749	74,8742	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,350	0,0168	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	2240
10	C10 - D22	0,1032	103,2366	110	0,11	0,0064	0,012	0,5	0,939	0,0412	0,31	0,73	0,38	0,60	34	3,4	-
11	C11 - C13	0,0325	32,4798	110	0,11	0,0178	0,009	1,9	0,038	0,0016	0,2	0,62	1,16	2,16	22	2,2	1540
12	C12 - C13	0,0265	26,4709	110	0,11	0,0165	0,009	1,7	0,022	0,0008	0,2	0,62	1,08	2,00	22	2,2	-
13	C13 - D23	0,0847	84,7453	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,486	0,0202	0,24	0,66	0,24	0,41	26	2,6	-
14	C14 - C16	0,0697	69,6974	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,289	0,0134	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	2240
15	C15 - C16	0,0269	26,8979	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,023	0,0006	0,2	0,62	0,22	0,41	22	2,2	2240
16	C16 - D35	0,0979	97,8861	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,714	0,0339	0,28	0,7	0,25	0,41	31	3,1	-
17	D1 - D3	0,0484	48,3650	110	0,11	0,0071	0,009	0,7	0,109	0,0048	0,21	0,63	0,47	0,86	23	2,3	1260
18	D2 - D3	0,0526	52,5679	110	0,11	0,0070	0,009	0,7	0,136	0,0063	0,21	0,63	0,47	0,85	23	2,3	1260
19	D3 - D5	0,0733	73,2795	110	0,11	0,0056	0,009	0,6	0,330	0,0146	0,23	0,65	0,39	0,68	25	2,5	-
20	D4 - D5	0,0696	69,5916	110	0,11	0,0035	0,009	0,4	0,288	0,0134	0,23	0,65	0,24	0,42	25	2,5	2240
21	D6 - D10	0,0605	60,4523	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,198	0,0085	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
22	D7 - D9	0,0466	46,6151	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,099	0,0037	0,21	0,63	0,23	0,41	23	2,3	2240
23	D8 - D9	0,0406	40,6106	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,068	0,0024	0,2	0,62	0,22	0,41	22	2,2	2240
24	D9 - D10	0,0529	52,8971	110	0,11	0,0050	0,009	0,5	0,138	0,0049	0,21	0,63	0,33	0,61	23	2,3	-
25	D10 - D11	0,0886	88,5723	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,547	0,0215	0,24	0,66	0,24	0,41	26	2,6	-
26	D11 - D13	0,0943	94,2606	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,646	0,0252	0,25	0,67	0,24	0,41	28	2,8	-
27	D12 - D13	0,0680	67,9992	110	0,11	0,0035	0,009	0,4	0,270	0,0124	0,23	0,65	0,24	0,43	25	2,5	2240
28	D13 - D14	0,1045	104,5130	110	0,11	0,0040	0,009	0,4	0,851	0,0347	0,28	0,7	0,30	0,49	31	3,1	-
29	D5 - D14	0,1163	116,3000	125	0,125	0,0045	0,012	0,4	0,804	0,0360	0,28	0,7	0,26	0,42	35	3,5	-
30	D15 - D16	0,0717	71,7120	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,312	0,0146	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	2240
31	D14 - D16	0,1359	135,9209	140	0,14	0,0082	0,015	0,5	0,901	0,0383	0,28	0,7	0,37	0,61	39	3,9	-
32	D16 - D20	0,1340	133,9947	140	0,14	0,0104	0,015	0,7	0,867	0,0373	0,28	0,7	0,47	0,78	39	3,9	-
33	D17 - D19	0,0574	57,3915	110	0,11	0,0051	0,009	0,5	0,172	0,0078	0,21	0,63	0,34	0,62	23	2,3	1540
34	D18 - D19	0,0518	51,7912	110	0,11	0,0057	0,009	0,6	0,131	0,0057	0,21	0,63	0,38	0,69	23	2,3	1540
35	D19 - D20	0,0842	84,2463	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,479	0,0214	0,24	0,66	0,24	0,41	26	2,6	-
36	D20 - D21	0,1553	155,2849	200	0,2	0,0214	0,031	0,7	0,497	0,0215	0,24	0,66	0,45	0,78	48	4,8	-
37	D21 - D22	0,1046	104,6295	110	0,11	0,0133	0,009	1,4	0,853	0,0369	0,28	0,7	0,98	1,61	31	3,1	-
38	D22 - D23	0,1077	107,6963	110	0,11	0,0188	0,009	2,0	0,921	0,0401	0,31	0,73	1,44	2,28	34	3,4	-
39	D24 - D26	0,0591	59,1023	110	0,11	0,0036	0,009	0,4	0,186	0,0080	0,21	0,63	0,24	0,44	23	2,3	2240
40	D25 - D26	0,0671	67,1002	110	0,11	0,0040	0,009	0,4	0,261	0,0122	0,23	0,65	0,27	0,48	25	2,5	2240

No.	Jalur Pipa	D hitung		D apply		Qfull check	A full	Vfull cek	Q peak/Q full check	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min	V peak	d min		Q Gelontor
		(m)	(mm)	(mm)	(m)	(m³/s)	(m²)	(m/s)	(m³/s)			(m/s)	(m/s)	(m/s)	(mm)	(cm)	(L)
41	D26 - D27	0,0680	68,0266	110	0,11	0,0120	0,009	1,3	0,271	0,0129	0,23	0,65	0,82	1,45	25	2,5	-
42	D23 - D27	0,1551	155,0661	200	0,2	0,0383	0,031	1,2	0,495	0,0214	0,25	0,67	0,82	1,40	50	5,0	-
43	D28 - D32	0,0641	64,0964	110	0,11	0,0049	0,009	0,5	0,231	0,0110	0,23	0,65	0,34	0,60	25	2,5	2240
44	D29 - D31	0,0708	70,7822	110	0,11	0,0054	0,009	0,6	0,301	0,0154	0,23	0,65	0,37	0,65	25	2,5	1540
45	D30 - D31	0,0704	70,3797	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,296	0,0138	0,23	0,65	0,23	0,41	25	2,5	2240
46	D31 - D32	0,1024	102,3971	110	0,11	0,0034	0,009	0,4	0,805	0,0392	0,29	0,71	0,25	0,41	32	3,2	-
47	D32 - D34	0,0803	80,2705	110	0,11	0,0115	0,009	1,2	0,421	0,0202	0,24	0,66	0,80	1,39	26	2,6	-
48	D33 - D34	0,0683	68,2656	110	0,11	0,0090	0,009	0,9	0,273	0,0152	0,23	0,65	0,61	1,09	25	2,5	560
49	D34 - D35	0,0681	68,1388	110	0,11	0,0268	0,009	2,8	0,272	0,0137	0,23	0,65	1,83	3,24	25	2,5	-
50	D27 - D35	0,1854	185,3500	200	0,2	0,0287	0,031	0,9	0,796	0,0350	0,28	0,7	0,64	1,05	56	5,6	-
51	D35 - D36 (IPAL)	0,1891	189,1121	200	0,2	0,0421	0,031	1,3	0,840	0,0391	0,29	0,71	0,95	1,54	58	5,8	-

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Tabel Penanaman Pipa SPAL Cluster I

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Elevasi Medan		Elevasi Penanaman Desain		Slope Pipa	D apply (m)	Headloss (m)	Elevasi bawah pipa (m)		Elevasi atas pipa (m)		Urugan Pasir Atas Pipa (m)	Kedalaman Pipa (m)	
		(m)	awal	akhir	awal	akhir				Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
1	A1 - A4	98,1715	17,12	16,57	16,62	16,07	0,0056	0,11	0,550	16,51	15,96	16,62	16,07	0,15	0,76	0,76
2	A2 - A6	105,8775	16,8	16,4	16,30	15,90	0,0038	0,11	0,400	16,19	15,79	16,30	15,90	0,15	0,76	0,76
3	A3 - A4	55,508	17,07	16,57	16,57	16,07	0,0090	0,11	0,500	16,46	15,96	16,57	16,07	0,15	0,76	0,76
4	A5 - A6	71,5294	16,56	16,4	16,06	15,87	0,0026	0,11	0,186	15,95	15,76	16,06	15,87	0,15	0,76	0,79
5	A6 - A8	28,2558	16,4	16,35	15,87	15,80	0,0026	0,11	0,073	15,76	15,69	15,87	15,80	0,15	0,79	0,81
6	A7 - A8	96,5265	16,45	16,35	15,95	15,70	0,0026	0,11	0,251	15,84	15,59	15,95	15,70	0,15	0,76	0,91
7	A8 - A11	40,7618	16,35	16,32	15,70	15,59	0,0026	0,11	0,106	15,59	15,48	15,70	15,59	0,15	0,91	0,99
8	A10 - A11	60,516	16,38	16,32	15,88	15,72	0,0026	0,11	0,157	15,77	15,61	15,88	15,72	0,15	0,76	0,86
9	A11 - A13	38,9144	16,32	16,17	15,59	15,44	0,0039	0,11	0,150	15,48	15,33	15,59	15,44	0,15	0,99	0,99
10	A12 - A13	54,1006	16,17	16,17	15,67	15,53	0,0026	0,11	0,141	15,56	15,42	15,67	15,53	0,15	0,76	0,90
11	A9 - A14	362,0567	16,4	15,35	15,90	14,85	0,0029	0,11	1,050	15,79	14,74	15,90	14,85	0,15	0,76	0,76
12	A13 - A14	255,1028	16,17	15,35	15,45	14,63	0,0032	0,11	0,820	15,33	14,51	15,45	14,63	0,15	1,00	1,00
13	A14 - A40	77,4795	15,35	14,82	14,63	14,10	0,0068	0,11	0,530	14,51	13,98	14,63	14,10	0,15	1,00	1,00
14	A4 - A39	427,994	16,57	14,85	16,07	14,35	0,0040	0,11	1,720	15,95	14,23	16,07	14,35	0,15	0,78	0,78
15	A15 - A38	472,7283	16,91	15,17	16,41	14,67	0,0037	0,11	1,740	16,30	14,56	16,41	14,67	0,15	0,76	0,76
16	A16 - A37	464,5428	16,92	15,15	16,42	14,65	0,0038	0,11	1,770	16,31	14,54	16,42	14,65	0,15	0,76	0,76
17	A17 - A36	451,6052	16,98	15,2	16,48	14,70	0,0039	0,11	1,780	16,37	14,59	16,48	14,70	0,15	0,76	0,76
18	A18 - A35	425,7386	16,87	15,22	16,37	14,72	0,0039	0,11	1,650	16,26	14,61	16,37	14,72	0,15	0,76	0,76
19	A19 - A23	84,6069	17,01	16,68	16,51	16,18	0,0039	0,11	0,330	16,40	16,07	16,51	16,18	0,15	0,76	0,76
20	A20 - A22	76,4598	17,21	16,73	16,71	16,23	0,0063	0,11	0,480	16,60	16,12	16,71	16,23	0,15	0,76	0,76
21	A21 - A22	111,2347	17,12	16,73	16,62	16,23	0,0035	0,11	0,390	16,51	16,12	16,62	16,23	0,15	0,76	0,76
22	A22 - A23	33,3013	16,73	16,68	16,23	16,14	0,0026	0,11	0,087	16,12	16,03	16,23	16,14	0,15	0,76	0,80
23	A23 - A25	38,6607	16,68	16,51	16,18	16,01	0,0044	0,11	0,170	16,07	15,90	16,18	16,01	0,15	0,76	0,76
24	A24 - A25	97,112	16,61	16,51	16,11	15,86	0,0026	0,11	0,252	16,00	15,75	16,11	15,86	0,15	0,76	0,91
25	A25 - A27	39,0493	16,51	16,4	16,01	15,90	0,0028	0,11	0,110	15,90	15,79	16,01	15,90	0,15	0,76	0,76
26	A26 - A27	96,1258	16,59	16,4	16,09	15,84	0,0026	0,11	0,250	15,98	15,73	16,09	15,84	0,15	0,76	0,82
27	A27 - A29	42,6772	16,4	16,37	15,90	15,81	0,0022	0,11	0,094	15,78	15,68	15,90	15,81	0,15	0,78	0,84
28	A28 - A29	101,1693	16,45	16,37	15,95	15,69	0,0026	0,11	0,263	15,84	15,58	15,95	15,69	0,15	0,76	0,94
29	A29 - A34	198,5626	16,37	15,21	15,80	14,64	0,0058	0,11	1,160	15,68	14,52	15,80	14,64	0,15	0,85	0,85
30	A30 - A33	184,4451	16,38	15,21	15,88	14,71	0,0063	0,11	1,170	15,77	14,60	15,88	14,71	0,15	0,76	0,76
31	A31 - A32	184,2124	16,38	15,2	15,88	14,70	0,0064	0,11	1,180	15,77	14,59	15,88	14,70	0,15	0,76	0,76

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Elevasi Medan		Elevasi Penanaman Desain		Slope Pipa	D apply (m)	Headloss (m)	Elevasi bawah pipa (m)		Elevasi atas pipa (m)		Urugan Pasir Atas Pipa (m)	Kedalaman Pipa (m)	
		(m)	awal	akhir	awal	akhir				Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
32	A32 - A33	30,0374	15,2	15,21	14,70	14,62	0,0026	0,11	0,078	14,59	14,51	14,70	14,62	0,15	0,76	0,85
33	A33 - A34	26,737	15,21	15,21	14,62	14,57	0,0026	0,11	0,070	14,51	14,46	14,62	14,57	0,15	0,76	0,83
34	A34 - A35	49,5724	15,21	15,22	14,57	14,52	0,0012	0,11	0,059	14,46	14,41	14,57	14,52	0,15	0,85	0,92
35	A35 - A36	42,3998	15,22	15,2	14,52	14,48	0,0012	0,11	0,051	14,41	14,37	14,52	14,48	0,15	0,92	0,95
36	A36 - A37	30,0268	15,2	15,15	14,48	14,45	0,0017	0,11	0,050	14,37	14,34	14,48	14,45	0,15	0,95	0,95
37	A37 - A38	28,8148	15,15	15,17	14,45	14,41	0,0007	0,11	0,020	14,34	14,3	14,45	14,41	0,15	0,95	0,99
38	A38 - A39	33,9325	15,17	14,85	14,41	14,38	0,0094	0,11	0,320	14,3	14,27	14,41	14,38	0,15	0,99	0,99
39	A39 - A40	1,7197	14,85	14,82	14,38	14,35	0,0174	0,11	0,030	14,27	14,24	14,38	14,35	0,15	0,99	0,99
40	A40 - H34	404,511	14,82	8,78	14,35	8,14	0,0149	0,11	6,040	14,24	8,03	14,35	8,14	0,15	0,99	0,99
41	B1 - B3	63,685	16,92	16,71	16,42	16,21	0,0033	0,11	0,210	16,31	16,10	16,42	16,21	0,15	0,76	0,76
42	B2 - B3	89,4738	16,86	16,71	16,36	16,13	0,0026	0,11	0,233	16,25	16,02	16,36	16,13	0,15	0,76	0,84
43	B3 - B5	32,0808	16,71	16,61	16,21	16,11	0,0031	0,11	0,100	16,10	16,00	16,21	16,11	0,15	0,76	0,76
44	B4 - B5	87,8288	16,77	16,61	16,27	16,04	0,0026	0,11	0,228	16,16	15,93	16,27	16,04	0,15	0,76	0,83
45	B5 - B7	35,3867	16,61	16,55	16,11	16,02	0,0026	0,11	0,092	16,00	15,91	16,11	16,02	0,15	0,76	0,79
46	B6 - B7	84,776	16,58	16,55	16,08	15,86	0,0026	0,11	0,220	15,97	15,75	16,08	15,86	0,15	0,76	0,95
47	B7 - B8	248,8997	16,55	14,88	16,02	14,35	0,0067	0,11	1,670	15,91	14,24	16,02	14,35	0,15	0,79	0,79
48	B9 - B19	120,1119	16,42	15,73	15,92	15,23	0,0057	0,11	0,690	15,81	15,12	15,92	15,23	0,15	0,76	0,76
49	B10 - B14	150,9231	16,3	14,81	15,80	14,31	0,0099	0,11	1,490	15,69	14,20	15,80	14,31	0,15	0,76	0,76
50	B11 - B13	172,6158	16	14,92	15,50	14,42	0,0063	0,11	1,080	15,39	14,31	15,50	14,42	0,15	0,76	0,76
51	B12 - B13	65,5719	15,21	14,92	14,71	14,42	0,0044	0,11	0,290	14,60	14,31	14,71	14,42	0,15	0,76	0,76
52	B13 - B14	68,7773	14,92	14,81	14,42	14,24	0,0026	0,11	0,179	14,31	14,13	14,42	14,24	0,15	0,76	0,83
53	B14 - B15	43,5229	14,81	14,73	14,25	14,15	0,0022	0,11	0,096	14,13	14,03	14,25	14,15	0,15	0,84	0,85
54	B8 - B15	35,9057	14,88	14,73	14,38	14,23	0,0042	0,11	0,150	14,26	14,11	14,38	14,23	0,15	0,78	0,78
55	B15 - E18	48,6764	14,73	14,62	14,23	14,12	0,0023	0,11	0,110	14,03	13,92	14,23	14,12	0,15	0,85	0,85
56	B16 - B18	34,8506	16,92	16,81	16,42	16,31	0,0032	0,11	0,110	16,31	16,20	16,42	16,31	0,15	0,76	0,76
57	B17 - B18	72,759	16,83	16,81	16,33	16,14	0,0026	0,11	0,189	16,22	16,03	16,33	16,14	0,15	0,76	0,93
58	B' - B"	84,4034	16,45	16,26	15,95	15,73	0,0026	0,11	0,219	15,84	15,62	15,95	15,73	0,15	0,76	0,79
59	B18 - B"	106,5337	16,81	16,26	16,14	15,59	0,0052	0,11	0,550	16,03	15,48	16,14	15,59	0,15	0,93	0,93
60	B" - B19	80,2314	16,26	15,73	15,59	15,06	0,0066	0,11	0,530	15,48	14,95	15,59	15,06	0,15	0,93	0,93
61	B20 - B21	181,0131	16,71	15,64	16,21	15,14	0,0059	0,11	1,070	16,10	15,03	16,21	15,14	0,15	0,76	0,76
62	B19 - B21	20,3908	15,73	15,64	15,23	15,14	0,0044	0,11	0,090	15,12	15,03	15,23	15,14	0,15	0,76	0,76

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Elevasi Medan		Elevasi Penanaman Desain		Slope Pipa	D apply (m)	Headloss (m)	Elevasi bawah pipa (m)		Elevasi atas pipa (m)		Urugan Pasir Atas Pipa (m)	Kedalaman Pipa (m)	
		(m)	awal	akhir	awal	akhir				Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
63	B22 - B23	226,8939	16,78	15,2	16,28	14,70	0,0070	0,11	1,580	16,17	14,59	16,28	14,70	0,15	0,76	0,76
64	B21 - B23	49,1403	15,64	15,2	15,14	14,70	0,0090	0,11	0,440	15,03	14,59	15,14	14,70	0,15	0,76	0,76
65	B24 - B25	256,7179	16,71	15,18	16,21	14,68	0,0060	0,11	1,530	16,10	14,57	16,21	14,68	0,15	0,76	0,76
66	B23 - B25	50,6967	15,2	15,18	14,70	14,64	0,0012	0,2	0,061	14,50	14,44	14,70	14,64	0,15	0,85	0,89
67	B25 - B31	13,619	15,18	14,81	14,55	14,18	0,0272	0,11	0,370	14,44	14,07	14,55	14,18	0,15	0,89	0,89
68	B26 - B30	216,2245	16,62	15,2	16,12	14,70	0,0066	0,11	1,420	16,01	14,59	16,12	14,70	0,15	0,76	0,76
69	B27 - B29	171,1056	16,35	15,3	15,85	14,80	0,0061	0,11	1,050	15,74	14,69	15,85	14,80	0,15	0,76	0,76
70	B28 - B29	231,0145	16	15,3	15,50	14,80	0,0030	0,11	0,700	15,39	14,69	15,50	14,80	0,15	0,76	0,76
71	B29 - B30	57,9477	15,3	15,2	14,80	14,65	0,0026	0,11	0,151	14,69	14,54	14,80	14,65	0,15	0,76	0,81
72	B30 - B31	72,6581	15,2	14,81	14,65	14,26	0,0054	0,11	0,390	14,54	14,15	14,65	14,26	0,15	0,81	0,81
73	B31 - E18	128,6105	14,81	14,62	14,31	14,12	0,0015	0,2	0,190	14,11	13,92	14,31	14,12	0,15	0,85	0,85
74	E1 - E2	47,21	15,21	14,75	14,71	14,25	0,0097	0,11	0,460	14,60	14,14	14,71	14,25	0,15	0,76	0,76
75	E3 - E4	88,5214	15,2	14,73	14,70	14,23	0,0053	0,11	0,470	14,59	14,12	14,70	14,23	0,15	0,76	0,76
76	E2 - E4	18,695	14,75	14,73	14,25	14,20	0,0026	0,11	0,049	14,14	14,09	14,25	14,20	0,15	0,76	0,79
77	E4 - E6	74,2384	14,73	14,35	14,20	13,82	0,0051	0,11	0,380	14,09	13,71	14,20	13,82	0,15	0,79	0,79
78	E5 - E6	141,3144	15	14,35	14,50	13,85	0,0046	0,11	0,650	14,39	13,74	14,50	13,85	0,15	0,76	0,76
79	E6 - E8	125,3148	14,35	14,35	13,85	13,70	0,0012	0,2	0,150	13,65	13,50	13,85	13,70	0,15	0,85	1,00
80	E7 - E8	89,8339	14,75	14,35	14,25	13,85	0,0045	0,11	0,400	14,14	13,74	14,25	13,85	0,15	0,76	0,76
81	E9 - E13	46,3348	14,75	14,47	14,25	13,97	0,0060	0,11	0,280	14,14	13,86	14,25	13,97	0,15	0,76	0,76
82	E10 - E12	59,27	14,85	14,51	14,35	14,01	0,0057	0,11	0,340	14,24	13,90	14,35	14,01	0,15	0,76	0,76
83	E11 - E12	57,9575	15	14,51	14,50	14,01	0,0085	0,11	0,490	14,39	13,90	14,50	14,01	0,15	0,76	0,76
84	E12 - E13	22,3315	14,51	14,47	14,01	13,95	0,0026	0,11	0,058	13,90	13,84	14,01	13,95	0,15	0,76	0,78
85	E13 - E14	63,6707	14,47	14,08	13,95	13,56	0,0061	0,11	0,390	13,84	13,45	13,95	13,56	0,15	0,78	0,78
86	E8 - E14	51,6189	14,35	14,08	13,62	13,35	0,0052	0,125	0,270	13,50	13,23	13,62	13,35	0,15	1,01	1,01
87	E15 - E17	109,448	14,62	14,6	14,12	13,84	0,0026	0,11	0,285	14,01	13,73	14,12	13,84	0,15	0,76	1,02
88	E16 - E17	69,9873	14,65	14,6	14,15	13,97	0,0026	0,11	0,182	14,04	13,86	14,15	13,97	0,15	0,76	0,89
89	E17 - E19	36,5891	14,6	14,48	13,84	13,72	0,0033	0,11	0,120	13,73	13,61	13,84	13,72	0,15	1,02	1,02
90	E18 - E19	79,1326	14,62	14,48	14,12	13,98	0,0018	0,25	0,140	13,87	13,73	14,12	13,98	0,15	0,90	0,90
91	E19 - E20	38,449	14,48	14,83	13,91	13,88	0,0007	0,3	0,027	13,61	13,58	13,91	13,88	0,15	1,02	1,40
92	E14 - E20	80,4299	14,08	14,83	13,58	13,48	0,0012	0,2	0,097	13,38	13,28	13,58	13,48	0,15	0,85	1,70
93	E21 - E22	216,0678	14,78	14,67	14,28	13,72	0,0026	0,11	0,562	14,17	13,61	14,28	13,72	0,15	0,76	1,21

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Elevasi Medan		Elevasi Penanaman Desain		Slope Pipa	D apply (m)	Headloss (m)	Elevasi bawah pipa (m)		Elevasi atas pipa (m)		Urugan Pasir Atas Pipa (m)	Kedalaman Pipa (m)	
		(m)	awal	akhir	awal	akhir				Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
94	E20 - E22	70,945	14,83	14,67	13,58	13,42	0,0023	0,3	0,160	13,28	13,12	13,58	13,42	0,15	1,70	1,70
95	E22 - E24	35,0033	14,67	14,67	13,47	13,45	0,0006	0,355	0,021	13,12	13,09	13,47	13,45	0,15	1,71	1,73
96	E23 - E24	104,8231	14,87	14,67	14,37	14,10	0,0026	0,11	0,273	14,26	13,99	14,37	14,10	0,15	0,76	0,83
97	E24 - E26	60,7825	14,67	15,2	13,44	13,40	0,0006	0,355	0,036	13,09	13,05	13,44	13,40	0,15	1,74	2,30
98	E25 - E26	86,8296	15,6	15,2	15,10	14,70	0,0046	0,11	0,400	14,99	14,59	15,10	14,70	0,15	0,76	0,76
99	E26 - E28	37,4466	15,2	16,05	13,40	13,38	0,0006	0,355	0,022	13,05	13,02	13,40	13,38	0,15	2,31	3,18
100	E27 - E28	96,7242	16,4	16,05	15,90	15,55	0,0036	0,11	0,350	15,79	15,44	15,90	15,55	0,15	0,76	0,76
101	E28 - E30	33,6783	16,05	14,8	13,22	11,97	0,0371	0,2	1,250	13,02	11,77	13,22	11,97	0,15	3,18	3,18
102	E29 - E30	229,7757	15,2	14,8	14,70	14,10	0,0026	0,11	0,597	14,59	13,99	14,70	14,10	0,15	0,76	0,96
103	E30 - E32	31,3328	14,8	14,38	12,02	11,60	0,0134	0,25	0,420	11,77	11,35	12,02	11,60	0,15	3,18	3,18
104	E31 - E32	209,2763	15,2	14,38	14,70	13,88	0,0039	0,11	0,820	14,59	13,77	14,70	13,88	0,15	0,76	0,76
105	E33 - E34	197,8282	15,2	14,12	14,70	13,62	0,0055	0,11	1,080	14,59	13,51	14,70	13,62	0,15	0,76	0,76
106	E32 - E34	29,6917	14,38	14,12	10,81	10,55	0,0088	0,25	0,260	10,56	10,30	10,81	10,55	0,15	3,97	3,97
107	E34 - E36	61,1698	14,12	14,1	10,70	10,67	0,0005	0,4	0,031	10,30	10,27	10,70	10,67	0,15	3,97	3,98
108	E35 - E36	99,7084	14,92	14,1	14,42	13,60	0,0082	0,11	0,820	14,31	13,49	14,42	13,60	0,15	0,76	0,76
109	E36 - E38	60,4995	14,1	13,83	10,57	10,30	0,0045	0,3	0,270	10,27	10,00	10,57	10,30	0,15	3,98	3,98
110	E37 - E38	155,3079	15,2	13,83	14,70	13,33	0,0088	0,11	1,370	14,59	13,22	14,70	13,33	0,15	0,76	0,76
111	E39 - E41	121,1944	15,2	13,97	14,70	13,47	0,0101	0,11	1,230	14,59	13,36	14,70	13,47	0,15	0,76	0,76
112	E40 - E41	139,4565	15,15	13,97	14,65	13,47	0,0085	0,11	1,180	14,54	13,36	14,65	13,47	0,15	0,76	0,76
113	E38 - E42	35,8472	13,83	13,68	10,30	10,15	0,0042	0,3	0,150	10,00	9,85	10,30	10,15	0,15	3,98	3,98
114	E41 - E42	41,9793	13,97	13,68	13,47	13,18	0,0069	0,11	0,290	13,36	13,07	13,47	13,18	0,15	0,76	0,76
115	E42 - F3	274,4825	13,68	12,95	10,20	9,47	0,0027	0,355	0,730	9,85	9,12	10,20	9,47	0,15	3,99	3,99
116	F1 - F'	31,1303	13,37	13,15	12,87	12,65	0,0071	0,11	0,220	12,76	12,54	12,87	12,65	0,15	0,76	0,76
117	F2 - F'	56,3048	13,24	13,15	12,74	12,59	0,0026	0,11	0,146	12,63	12,48	12,74	12,59	0,15	0,76	0,82
118	F' - F3	38,0727	13,15	12,95	12,59	12,39	0,0053	0,11	0,200	12,48	12,28	12,59	12,39	0,15	0,82	0,82
119	F4 - F5	54,5248	12,8	12,67	12,30	12,16	0,0026	0,11	0,142	12,19	12,05	12,30	12,16	0,15	0,76	0,77
120	F3 - F5	104,1595	12,95	12,67	9,47	9,19	0,0027	0,355	0,280	9,12	8,84	9,47	9,19	0,15	3,99	3,99
121	F6 - F8	306,6204	14,2	13,96	13,70	12,90	0,0026	0,11	0,797	13,59	12,79	13,70	12,90	0,15	0,76	1,32
122	F7 - F8	266,8123	14,1	13,96	13,60	12,91	0,0026	0,11	0,694	13,49	12,80	13,60	12,91	0,15	0,76	1,31
123	F8 - F10	49,0933	13,96	13,68	12,91	12,63	0,0057	0,125	0,280	12,79	12,51	12,91	12,63	0,15	1,33	1,33
124	F9 - F10	190,5064	13,72	13,68	13,22	12,72	0,0026	0,11	0,495	13,11	12,61	13,22	12,72	0,15	0,76	1,22

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Elevasi Medan		Elevasi Penanaman Desain		Slope Pipa	D apply (m)	Headloss (m)	Elevasi bawah pipa (m)		Elevasi atas pipa (m)		Urugan Pasir Atas Pipa (m)	Kedalaman Pipa (m)	
		(m)	awal	akhir	awal	akhir				Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
125	F10 - F12	41,5006	13,68	13,58	12,71	12,61	0,0024	0,2	0,100	12,51	12,41	12,71	12,61	0,15	1,32	1,32
126	F11 - F12	110,3824	13,64	13,58	13,14	12,85	0,0026	0,11	0,287	13,03	12,74	13,14	12,85	0,15	0,76	0,99
127	F12 - F18	101,8468	13,58	12,98	12,55	11,95	0,0059	0,14	0,600	12,41	11,81	12,55	11,95	0,15	1,32	1,32
128	F13 - F15	135,651	14,2	13,91	13,70	13,35	0,0026	0,11	0,353	13,59	13,24	13,70	13,35	0,15	0,76	0,82
129	F14 - F15	110,3957	14,1	13,91	13,60	13,31	0,0026	0,11	0,287	13,49	13,20	13,60	13,31	0,15	0,76	0,86
130	F16 - F17	296,5923	13,71	13,03	13,21	12,53	0,0023	0,125	0,680	13,09	12,41	13,21	12,53	0,15	0,78	0,78
131	F15 - F17	263,3782	13,91	13,03	13,32	12,44	0,0033	0,125	0,880	13,20	12,32	13,32	12,44	0,15	0,87	0,87
132	F17 - F18	19,4252	13,03	12,98	12,52	12,47	0,0026	0,2	0,050	12,32	12,27	12,52	12,47	0,15	0,86	0,86
133	F19 - F20	311,6442	13,72	12,78	13,22	12,28	0,0030	0,11	0,940	13,11	12,17	13,22	12,28	0,15	0,76	0,76
134	F18 - F20	49,9098	12,98	12,78	12,48	12,28	0,0040	0,2	0,200	12,28	12,08	12,48	12,28	0,15	0,85	0,85
135	F21 - F22	253,9906	13,13	12,55	12,63	11,97	0,0026	0,11	0,660	12,52	11,86	12,63	11,97	0,15	0,76	0,84
136	F20 - F22	30,2343	12,78	12,55	12,28	12,05	0,0076	0,2	0,230	12,08	11,85	12,28	12,05	0,15	0,85	0,85
137	F22 - F23	120,3956	12,55	11,71	12,05	11,21	0,0070	0,2	0,840	11,85	11,01	12,05	11,21	0,15	0,85	0,85
138	F5 - F23	223,2774	12,67	11,71	9,14	8,18	0,0043	0,3	0,960	8,84	7,88	9,14	8,18	0,15	3,98	3,98
139	F24 - F25	86,4823	11,83	11,41	9,33	8,91	0,0049	0,11	0,420	9,22	8,80	9,33	8,91	0,15	2,76	2,76
140	F23 - F25	107,8123	11,71	11,41	8,23	7,93	0,0028	0,355	0,300	7,88	7,58	8,23	7,93	0,15	3,99	3,99
141	F26 - F27	80,7887	11,25	11,23	8,75	8,54	0,0026	0,11	0,210	8,64	8,43	8,75	8,54	0,15	2,76	2,95
142	F25 - F27	95,2624	11,41	11,23	7,98	7,80	0,0019	0,4	0,180	7,58	7,40	7,98	7,80	0,15	3,98	3,98
143	F28 - F29	86,8246	11,27	11,21	8,77	8,54	0,0026	0,11	0,226	8,66	8,43	8,77	8,54	0,15	2,76	2,93
144	F27 - F29	34,513	11,23	11,21	8,05	8,03	0,0006	0,475	0,020	7,58	7,56	8,05	8,03	0,15	3,81	3,81
145	F29 - F31	155,2561	11,21	11,18	8,03	7,94	0,0006	0,475	0,093	7,56	7,46	8,03	7,94	0,15	3,81	3,87
146	F30 - F31	238,1529	12,05	11,18	9,55	8,68	0,0037	0,11	0,870	9,44	8,57	9,55	8,68	0,15	2,76	2,76
147	F32 - F34	107,636	12,68	12,32	12,18	11,82	0,0033	0,11	0,360	12,07	11,71	12,18	11,82	0,15	0,76	0,76
148	F33 - F34	55,4676	12,47	12,32	11,97	11,82	0,0027	0,11	0,150	11,86	11,71	11,97	11,82	0,15	0,76	0,76
149	F34 - F36	63,4137	12,32	12,02	11,82	11,52	0,0047	0,11	0,300	11,71	11,41	11,82	11,52	0,15	0,76	0,76
150	F35 - F36	110,4559	12,58	12,02	12,08	11,52	0,0051	0,11	0,560	11,97	11,41	12,08	11,52	0,15	0,76	0,76
151	F36 - F42	29,8104	12,02	12	11,52	11,44	0,0026	0,11	0,078	11,41	11,33	11,52	11,44	0,15	0,76	0,82
152	F37 - F39	61,4458	12,62	12,21	12,12	11,71	0,0067	0,11	0,410	12,01	11,60	12,12	11,71	0,15	0,76	0,76
153	F38 - F39	58,8934	12,32	12,21	11,82	11,67	0,0026	0,11	0,153	11,71	11,56	11,82	11,67	0,15	0,76	0,80
154	F39 - F41	38,1667	12,21	12,02	11,67	11,48	0,0050	0,11	0,190	11,56	11,37	11,67	11,48	0,15	0,80	0,80
155	F40 - F41	54,2145	12,05	12,02	11,55	11,41	0,0026	0,11	0,141	11,44	11,30	11,55	11,41	0,15	0,76	0,87

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Elevasi Medan		Elevasi Penanaman Desain		Slope Pipa	D apply (m)	Headloss (m)	Elevasi bawah pipa (m)		Elevasi atas pipa (m)		Urugan Pasir Atas Pipa (m)	Kedalaman Pipa (m)	
		(m)	awal	akhir	awal	akhir				Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
156	F41- F42	38,1422	12,02	12	11,41	11,31	0,0026	0,11	0,099	11,30	11,20	11,41	11,31	0,15	0,87	0,95
157	F42 - F43	86,2531	12	11,15	11,31	10,46	0,0099	0,11	0,850	11,20	10,35	11,31	10,46	0,15	0,95	0,95
158	F31 - F43	39,4451	11,18	11,15	8,50	8,47	0,0008	0,475	0,032	8,03	7,99	8,50	8,47	0,15	3,31	3,31
159	F43 - F46	135,653	11,15	9,45	8,29	6,59	0,0125	0,3	1,700	7,99	6,29	8,29	6,59	0,15	3,31	3,31
160	F45 - F46	50,0371	10,05	9,45	9,55	8,95	0,0120	0,11	0,600	9,44	8,84	9,55	8,95	0,15	0,76	0,76
161	F46 - F48	27,4456	9,45	8,8	6,54	5,89	0,0237	0,25	0,650	6,29	5,64	6,54	5,89	0,15	3,31	3,31
162	F44 - F48	174,9709	11,25	8,8	8,75	6,30	0,0140	0,11	2,450	8,64	6,19	8,75	6,30	0,15	2,76	2,76
163	F48 - F50	29,5171	8,8	8,4	5,94	5,54	0,0136	0,3	0,400	5,64	5,24	5,94	5,54	0,15	3,31	3,31
164	F49 - F50	153,8367	10,72	8,4	8,22	5,90	0,0151	0,11	2,320	8,11	5,79	8,22	5,90	0,15	2,76	2,76
165	F50 - F52	34,1798	8,4	8,2	5,59	5,39	0,0059	0,355	0,200	5,24	5,04	5,59	5,39	0,15	3,32	3,32
166	F51 - F52	44,1843	9,2	8,2	6,70	5,70	0,0226	0,11	1,000	6,59	5,59	6,70	5,70	0,15	2,76	2,76
167	F52 - F59	28,0103	8,2	7,83	5,34	4,97	0,0132	0,3	0,370	5,04	4,67	5,34	4,97	0,15	3,31	3,31
168	F58 - F59	66,1024	10,43	7,83	9,93	7,33	0,0393	0,11	2,600	9,82	7,22	9,93	7,33	0,15	0,76	0,76
169	F59 - G15	87,8803	7,83	7,54	7,33	7,04	0,0033	0,375	0,290	6,96	6,67	7,33	7,04	0,15	1,03	1,03
170	F53 - F55	62,3993	12,35	11,2	11,85	10,70	0,0184	0,11	1,150	11,74	10,59	11,85	10,70	0,15	0,76	0,76
171	F54 - F55	118,7026	11,29	11,2	10,79	10,48	0,0026	0,11	0,309	10,68	10,37	10,79	10,48	0,15	0,76	0,98
172	F56 - F57	120,0723	10,83	10,42	10,33	9,92	0,0034	0,11	0,410	10,22	9,81	10,33	9,92	0,15	0,76	0,76
173	F55 - F57	23,2828	11,2	10,42	10,48	9,70	0,0335	0,11	0,780	10,37	9,59	10,48	9,70	0,15	0,98	0,98
174	F57 - H40	238,3064	10,42	7,42	9,70	6,70	0,0126	0,11	3,000	9,59	6,59	9,70	6,70	0,15	0,98	0,98
175	G1 - G3	103,6904	8,78	8,4	8,28	7,90	0,0037	0,11	0,380	8,17	7,79	8,28	7,90	0,15	0,76	0,76
176	G2 - G3	22,6814	8,47	8,4	7,97	7,90	0,0031	0,11	0,070	7,86	7,79	7,97	7,90	0,15	0,76	0,76
177	G3 - G5	31,2444	8,4	8,25	7,90	7,75	0,0048	0,11	0,150	7,79	7,64	7,90	7,75	0,15	0,76	0,76
178	G4 - G5	54,6395	8,8	8,25	8,30	7,75	0,0101	0,11	0,550	8,19	7,64	8,30	7,75	0,15	0,76	0,76
179	G5 - G7	38,7198	8,25	8,2	7,75	7,65	0,0026	0,11	0,101	7,64	7,54	7,75	7,65	0,15	0,76	0,81
180	G6 - G7	54,0703	8,45	8,2	7,95	7,70	0,0046	0,11	0,250	7,84	7,59	7,95	7,70	0,15	0,76	0,76
181	G8 - G10	48,7811	8,28	8,1	7,78	7,60	0,0037	0,11	0,180	7,67	7,49	7,78	7,60	0,15	0,76	0,76
182	G9 - G10	46,8834	8,23	8,1	7,73	7,60	0,0028	0,11	0,130	7,62	7,49	7,73	7,60	0,15	0,76	0,76
183	G10 - G12	21,3005	8,1	8	7,60	7,50	0,0047	0,11	0,100	7,49	7,39	7,60	7,50	0,15	0,76	0,76
184	G11 - G12	51,0214	8,07	8	7,57	7,44	0,0026	0,11	0,133	7,46	7,33	7,57	7,44	0,15	0,76	0,82
185	G7 - G12	58,003	8,2	8	7,65	7,45	0,0034	0,11	0,200	7,54	7,34	7,65	7,45	0,15	0,81	0,81
186	G12 - G14	37,5907	8	7,6	7,44	7,04	0,0106	0,11	0,400	7,33	6,93	7,44	7,04	0,15	0,82	0,82

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Elevasi Medan		Elevasi Penanaman Desain		Slope Pipa	D apply (m)	Headloss (m)	Elevasi bawah pipa (m)		Elevasi atas pipa (m)		Urugan Pasir Atas Pipa (m)	Kedalaman Pipa (m)	
		(m)	awal	akhir	awal	akhir				Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
187	G13 - G14	132,2117	7,6	7,6	7,10	6,76	0,0026	0,11	0,344	6,99	6,65	7,10	6,76	0,15	0,76	1,10
188	G14 - G15	61,6148	7,6	7,54	6,85	6,78	0,0012	0,2	0,074	6,65	6,58	6,85	6,78	0,15	1,10	1,11
189	G15 - H40	41,8701	7,54	7,42	6,98	6,86	0,0029	0,4	0,120	6,58	6,46	6,98	6,86	0,15	1,11	1,11
190	G16 - G17	134,7653	11,02	10,87	10,52	10,17	0,0026	0,11	0,350	10,41	10,06	10,52	10,17	0,15	0,76	0,96
191	G17 - G19	57,4037	10,87	10,83	10,17	10,02	0,0026	0,11	0,149	10,06	9,91	10,17	10,02	0,15	0,96	1,07
192	G18 - G19	139,4841	11,28	10,83	10,78	10,33	0,0032	0,11	0,450	10,67	10,22	10,78	10,33	0,15	0,76	0,76
193	G19 - G21	60,2317	10,83	10,82	10,02	9,86	0,0026	0,11	0,157	9,91	9,75	10,02	9,86	0,15	1,07	1,22
194	G20 - G21	135,4215	11,62	10,82	10,82	10,02	0,0059	0,11	0,800	10,71	9,91	10,82	10,02	0,15	1,06	1,06
195	G21 - G23	60,9531	10,82	10,15	9,86	9,19	0,0110	0,11	0,670	9,75	9,08	9,86	9,19	0,15	1,22	1,22
196	G22 - G23	135,4501	12	10,15	11,20	9,35	0,0137	0,11	1,850	11,09	9,24	11,20	9,35	0,15	1,06	1,06
197	G23 - G25	34,4558	10,15	10,75	9,19	9,10	0,0026	0,11	0,090	9,08	8,99	9,19	9,10	0,15	1,22	1,91
198	G24 - G25	249,7299	11,25	10,75	9,75	9,10	0,0026	0,11	0,649	9,64	8,99	9,75	9,10	0,15	1,76	1,91
199	G25 - G27	23,8477	10,75	10,67	9,10	9,02	0,0034	0,11	0,080	8,99	8,91	9,10	9,02	0,15	1,91	1,91
200	G26 - G27	137,8455	12,41	10,67	10,91	9,17	0,0126	0,11	1,740	10,80	9,06	10,91	9,17	0,15	1,76	1,76
201	G27 - G29	56,1252	10,67	10,58	9,02	8,87	0,0026	0,11	0,146	8,91	8,76	9,02	8,87	0,15	1,91	1,97
202	G30 - G31	440,2028	13,67	10,36	12,17	8,86	0,0075	0,11	3,310	12,06	8,75	12,17	8,86	0,15	1,76	1,76
203	G29 - G31	51,943	10,58	10,36	8,87	8,65	0,0042	0,11	0,220	8,76	8,54	8,87	8,65	0,15	1,97	1,97
204	G28 - G29	137,2194	12,77	10,58	11,27	9,08	0,0160	0,11	2,190	11,16	8,97	11,27	9,08	0,15	1,76	1,76
205	G31 - G35	56,0891	10,36	10,24	8,66	8,51	0,0026	0,125	0,146	8,54	8,39	8,66	8,51	0,15	1,98	2,00
206	G32 - G34	94,5236	12,8	12,7	12,30	12,05	0,0026	0,11	0,246	12,19	11,94	12,30	12,05	0,15	0,76	0,91
207	G33 - G34	45,3336	12,8	12,7	12,30	12,18	0,0026	0,11	0,118	12,19	12,07	12,30	12,18	0,15	0,76	0,78
208	G34 - G35	447,3128	12,7	10,24	12,05	9,59	0,0055	0,11	2,460	11,94	9,48	12,05	9,59	0,15	0,91	0,91
209	G36 - G37	235,65	12,42	10,17	10,92	8,67	0,0095	0,11	2,250	10,81	8,56	10,92	8,67	0,15	1,76	1,76
210	G35 - G37	59,9768	10,24	10,17	8,59	8,52	0,0012	0,2	0,070	8,39	8,32	8,59	8,52	0,15	2,00	2,00
211	G37 - G39	49,3159	10,17	10,08	8,52	8,43	0,0018	0,2	0,090	8,32	8,23	8,52	8,43	0,15	2,00	2,00
212	G40 - G41	174,3434	11,8	10,05	10,30	8,55	0,0100	0,11	1,750	10,19	8,44	10,30	8,55	0,15	1,76	1,76
213	G39 - G41	17,0217	10,08	10,05	8,43	8,40	0,0018	0,2	0,030	8,23	8,20	8,43	8,40	0,15	2,00	2,00
214	G38 - G39	130,7891	12,8	10,08	11,30	8,58	0,0208	0,11	2,720	11,19	8,47	11,30	8,58	0,15	1,76	1,76
215	G42 - G43	119,2006	12,6	9,93	11,10	8,43	0,0224	0,11	2,670	10,99	8,32	11,10	8,43	0,15	1,76	1,76
216	G41 - G43	65,0723	10,05	9,93	8,40	8,28	0,0018	0,2	0,120	8,20	8,08	8,40	8,28	0,15	2,00	2,00
217	G43 - G45	70,3661	9,93	8,82	8,33	7,22	0,0158	0,125	1,110	8,21	7,10	8,33	7,22	0,15	1,88	1,88

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Elevasi Medan		Elevasi Penanaman Desain		Slope Pipa	D apply (m)	Headloss (m)	Elevasi bawah pipa (m)		Elevasi atas pipa (m)		Urugan Pasir Atas Pipa (m)	Kedalaman Pipa (m)	
		(m)	awal	akhir	awal	akhir				Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
218	G44 - G45	54,3069	12,01	8,82	10,51	7,32	0,0587	0,11	3,190	10,40	7,21	10,51	7,32	0,15	1,76	1,76
219	G45 - G47	49,0254	8,82	8,78	7,30	7,24	0,0012	0,2	0,059	7,10	7,04	7,30	7,24	0,15	1,87	1,89
220	G46 - G47	52,0542	11,2	8,78	9,80	7,38	0,0465	0,11	2,420	9,69	7,27	9,80	7,38	0,15	1,66	1,66
221	G47 - G49	22,4777	8,78	8,42	7,16	6,80	0,0160	0,125	0,360	7,04	6,68	7,16	6,80	0,15	1,90	1,90
222	G48 - G49	53,6813	11	8,42	9,52	6,94	0,0481	0,11	2,580	9,41	6,83	9,52	6,94	0,15	1,74	1,74
223	G49 - H39	10,1502	8,42	8,08	6,79	6,45	0,0335	0,11	0,340	6,68	6,34	6,79	6,45	0,15	1,89	1,89
224	H1 - H3	110,4692	15,6	15,52	15,10	14,81	0,0026	0,11	0,287	14,99	14,70	15,10	14,81	0,15	0,76	0,97
225	H2 - H3	81,0889	15,6	15,52	15,10	14,89	0,0026	0,11	0,211	14,99	14,78	15,10	14,89	0,15	0,76	0,89
226	H3 - H5	10,881	15,52	15,47	14,81	14,76	0,0046	0,11	0,050	14,70	14,65	14,81	14,76	0,15	0,97	0,97
227	H4 - H5	90,3691	15,6	15,47	15,00	14,77	0,0026	0,11	0,235	14,89	14,66	15,00	14,77	0,15	0,86	0,96
228	H5 - H7	87,3846	15,47	14,84	14,76	14,13	0,0072	0,11	0,630	14,65	14,02	14,76	14,13	0,15	0,97	0,97
229	H6 - H7	157,1277	15,63	14,84	15,03	14,24	0,0050	0,11	0,790	14,92	14,13	15,03	14,24	0,15	0,86	0,86
230	H7 - H9	20,4804	14,84	14,82	14,16	14,12	0,0019	0,14	0,039	14,02	13,98	14,16	14,12	0,15	0,97	0,99
231	H8 - H9	74,1733	14,92	14,82	14,42	14,32	0,0013	0,11	0,100	14,31	14,21	14,42	14,32	0,15	0,76	0,76
232	H9 - H11	101,1849	14,82	14,72	14,18	14,06	0,0012	0,2	0,121	13,98	13,86	14,18	14,06	0,15	0,99	1,01
233	H10 - H11	62,5657	14,8	14,72	14,30	14,14	0,0026	0,11	0,163	14,19	14,03	14,30	14,14	0,15	0,76	0,84
234	H11 - H13	69,6448	14,72	13,68	13,98	12,94	0,0149	0,125	1,040	13,86	12,82	13,98	12,94	0,15	1,02	1,02
235	H12 - H13	60,8327	14,35	13,68	13,75	13,08	0,0110	0,11	0,670	13,64	12,97	13,75	13,08	0,15	0,86	0,86
236	H13 - H15	21,9834	13,68	13	12,93	12,25	0,0309	0,11	0,680	12,82	12,14	12,93	12,25	0,15	1,01	1,01
237	H14 - H15	62,2887	14	13	13,40	12,40	0,0161	0,11	1,000	13,29	12,29	13,40	12,40	0,15	0,86	0,86
238	H' - H"	67,8358	13,2	12,35	12,60	11,75	0,0125	0,11	0,850	12,49	11,64	12,60	11,75	0,15	0,86	0,86
239	H15 - H"	22,8251	13	12,35	12,25	11,60	0,0285	0,11	0,650	12,14	11,49	12,25	11,60	0,15	1,01	1,01
240	H16 - H17	79,9486	12,6	11,64	12,00	11,04	0,0120	0,11	0,960	11,89	10,93	12,00	11,04	0,15	0,86	0,86
241	H" - H17	19,0402	12,35	11,64	11,60	10,89	0,0373	0,11	0,710	11,49	10,78	11,60	10,89	0,15	1,01	1,01
242	H17 - H19	21,1715	11,64	11,2	10,90	10,46	0,0208	0,125	0,440	10,78	10,34	10,90	10,46	0,15	1,02	1,02
243	H18 - H19	83,7645	11,8	11,2	11,06	10,46	0,0072	0,11	0,600	10,95	10,35	11,06	10,46	0,15	1,00	1,00
244	H19 - H21	21,9202	11,2	10,4	10,46	9,66	0,0365	0,125	0,800	10,34	9,54	10,46	9,66	0,15	1,02	1,02
245	H20 - H21	86,3065	10,45	10,4	9,74	9,52	0,0026	0,11	0,224	9,63	9,41	9,74	9,52	0,15	0,97	1,14
246	H22 - H23	86,1821	10	9,8	9,40	9,18	0,0026	0,11	0,224	9,29	9,07	9,40	9,18	0,15	0,86	0,88
247	H21 - H23	23,4635	10,4	9,8	9,66	9,06	0,0256	0,125	0,600	9,54	8,94	9,66	9,06	0,15	1,02	1,02
248	H23 - H25	28,5166	9,8	9,2	9,08	8,48	0,0210	0,14	0,600	8,94	8,34	9,08	8,48	0,15	1,01	1,01

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Elevasi Medan		Elevasi Penanaman Desain		Slope Pipa	D apply (m)	Headloss (m)	Elevasi bawah pipa (m)		Elevasi atas pipa (m)		Urugan Pasir Atas Pipa (m)	Kedalaman Pipa (m)	
		(m)	awal	akhir	awal	akhir				Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
249	H24 - H25	87,248	9,57	9,2	8,97	8,60	0,0042	0,11	0,370	8,86	8,49	8,97	8,60	0,15	0,86	0,86
250	H25 - H33	7,8552	9,2	8,95	8,46	8,21	0,0318	0,125	0,250	8,34	8,09	8,46	8,21	0,15	1,02	1,02
251	H26 - H28	626,4226	15,95	13,2	15,45	12,70	0,0044	0,125	2,750	15,33	12,58	15,45	12,70	0,15	0,78	0,78
252	H27 - H28	337,0772	13,35	13,2	12,85	12,70	0,0004	0,11	0,150	12,74	12,59	12,85	12,70	0,15	0,76	0,76
253	H28 - H30	27,4427	13,2	12,6	12,70	12,10	0,0219	0,125	0,600	12,58	11,98	12,70	12,10	0,15	0,77	0,77
254	H29 - H30	572,9575	15,63	12,6	15,13	12,10	0,0053	0,2	3,030	14,93	11,90	15,13	12,10	0,15	0,85	0,85
255	H30 - H32	60,5171	12,6	12,46	12,10	11,96	0,0023	0,25	0,140	11,85	11,71	12,10	11,96	0,15	0,90	0,90
256	H31 - H32	315,5785	13,28	12,46	12,78	11,96	0,0026	0,11	0,820	12,67	11,85	12,78	11,96	0,15	0,76	0,76
257	H32 - H33	172,2533	12,46	8,95	11,96	8,44	0,0204	0,25	3,510	11,71	8,19	11,96	8,44	0,15	0,90	0,90
258	H33 - H34	236,4077	8,95	8,78	8,44	8,14	0,0007	0,35	0,170	8,09	8,03	8,44	8,14	0,15	1,01	1,01
259	H34 - H36	378,6578	8,78	8,31	8,14	7,81	0,0012	0,4	0,470	7,74	7,41	8,14	7,81	0,15	1,05	1,05
260	H35 - H36	134,9996	8,4	8,31	7,90	7,81	0,0026	0,11	0,351	7,79	7,70	7,90	7,81	0,15	0,76	1,02
261	H37 - H38	134,5122	8,4	8,27	7,90	7,77	0,0026	0,11	0,350	7,79	7,66	7,90	7,77	0,15	0,76	0,98
262	H36 - H38	23,6758	8,31	8,27	7,81	7,77	0,0017	0,4	0,040	7,41	7,37	7,81	7,77	0,15	1,05	1,05
263	H38 - H39	25,4595	8,27	8,08	7,77	7,48	0,0075	0,4	0,190	7,37	7,08	7,77	7,48	0,15	1,05	1,05
264	H39 - H40	52,3049	8,08	7,42	7,48	6,81	0,0126	0,4	0,660	7,08	6,41	7,48	6,81	0,15	1,89	1,89
265	H40 - H41 (IPAL)	10,1846	7,42	7,2	6,81	6,59	0,0216	0,4	0,220	6,41	6,19	6,81	6,59	0,15	1,11	1,11

Tabel Penanaman Pipa SPAL Cluster II

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Elevasi Medan		Elevasi Penanaman Desain		Slope Pipa	D apply (m)	Headloss (m)	Elevasi bawah pipa (m)		Elevasi atas pipa (m)		Pondasi Pasir Bawah Pipa (m)	Kedalaman Galian (m)	
		(m)	awal	akhir	awal	akhir				Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
1	C1 - C3	83,8281	15,25	15,18	14,75	14,53	0,0026	0,11	0,218	14,64	14,42	14,75	14,53	0,15	0,76	0,91
2	C2 - C3	45,6437	15,25	15,18	14,75	14,53	0,0026	0,11	0,119	14,64	14,42	14,75	14,53	0,15	0,76	0,81
3	C3 - C5	105,0519	15,18	14,78	14,53	14,13	0,0038	0,11	0,400	14,42	14,02	14,53	14,13	0,15	0,91	0,91
4	C4 - C5	68,4035	15,21	14,78	14,71	14,13	0,0063	0,11	0,430	14,60	14,02	14,71	14,13	0,15	0,76	0,76
5	C5 - C7	68,187	14,78	14,4	14,13	13,75	0,0056	0,11	0,380	14,02	13,64	14,13	13,75	0,15	0,91	0,91
6	C6 - C7	78,0275	14,85	14,4	14,35	13,75	0,0058	0,11	0,450	14,24	13,79	14,35	13,75	0,15	0,76	0,76
7	C8 - D21	51,9686	14,34	14,4	13,84	13,70	0,0026	0,11	0,135	13,73	13,59	13,84	13,70	0,15	0,76	0,96
8	C7 - C10	60,1974	14,4	12,8	13,75	10,93	0,0266	0,11	1,600	13,64	10,82	13,75	10,93	0,15	0,91	0,91
9	C9 - C10	146,7409	11,8	12,8	11,30	10,93	0,0026	0,11	0,382	11,19	10,82	11,30	10,93	0,15	0,76	2,14

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Elevasi Medan		Elevasi Penanaman Desain		Slope Pipa	D apply (m)	Headloss (m)	Elevasi bawah pipa (m)		Elevasi atas pipa (m)		Pondasi Pasir Bawah Pipa (m)	Kedalaman Galian (m)	
		(m)	awal	akhir	awal	akhir				Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
10	C10 - D22	87,0065	12,8	12,4	10,93	10,53	0,0046	0,11	0,400	10,81	10,41	10,93	10,53	0,15	2,15	2,15
11	C11 - C13	59,4958	12,65	8,4	12,15	7,90	0,0714	0,11	4,250	12,04	7,79	12,15	7,90	0,15	0,76	0,76
12	C12 - C13	53,5128	11,7	8,4	11,20	7,90	0,0617	0,11	3,300	11,09	7,79	11,20	7,90	0,15	0,76	0,76
13	C13 - D23	59,2631	8,4	8,35	7,90	7,75	0,0026	0,11	0,154	7,79	7,64	7,90	7,75	0,15	0,76	0,86
14	C14 - C16	139,0502	5,78	5,62	5,28	4,92	0,0026	0,11	0,362	5,17	4,81	5,28	4,92	0,15	0,76	0,96
15	C15 - C16	51,9839	5,64	5,62	5,14	4,92	0,0026	0,11	0,135	5,03	4,81	5,14	4,92	0,15	0,76	0,88
16	C16 - D35	136,646	5,62	7,55	4,92	4,56	0,0026	0,11	0,355	4,81	4,45	4,92	4,56	0,15	0,96	3,25
17	D1 - D3	130,1035	18,25	16,77	17,75	16,27	0,0114	0,11	1,480	17,64	16,16	17,75	16,27	0,15	0,76	0,76
18	D2 - D3	100,0459	17,88	16,77	17,38	16,27	0,0111	0,11	1,110	17,27	16,16	17,38	16,27	0,15	0,76	0,76
19	D3 - D5	27,9925	16,77	16,57	16,27	16,07	0,0071	0,11	0,200	16,16	15,96	16,27	16,07	0,15	0,76	0,76
20	D4 - D5	101,415	16,85	16,57	16,35	16,07	0,0028	0,11	0,280	16,24	15,96	16,35	16,07	0,15	0,76	0,76
21	D6 - D10	99,677	16,62	16,4	16,12	15,86	0,0026	0,11	0,259	16,01	15,75	16,12	15,86	0,15	0,76	0,80
22	D7 - D9	60,3823	16,6	16,52	16,10	15,94	0,0026	0,11	0,157	15,99	15,83	16,10	15,94	0,15	0,76	0,84
23	D8 - D9	40,053	16,6	16,52	16,10	16,00	0,0026	0,11	0,104	15,99	15,89	16,10	16,00	0,15	0,76	0,78
24	D9 - D10	20,9987	16,52	16,4	15,94	15,82	0,0057	0,11	0,120	15,83	15,71	15,94	15,82	0,15	0,84	0,84
25	D10 - D11	94,1594	16,4	16,25	15,82	15,58	0,0026	0,11	0,245	15,71	15,47	15,82	15,58	0,15	0,84	0,93
26	D11 - D13	26,8427	16,25	16,19	15,58	15,51	0,0026	0,11	0,070	15,47	15,40	15,58	15,51	0,15	0,93	0,94
27	D12 - D13	174,281	16,68	16,19	16,18	15,69	0,0028	0,11	0,490	16,07	15,58	16,18	15,69	0,15	0,76	0,76
28	D13 - D14	29,9711	16,19	16,08	15,51	15,40	0,0037	0,11	0,110	15,40	15,29	15,51	15,40	0,15	0,94	0,94
29	D5 - D14	227,6594	16,57	16,08	16,07	15,55	0,0023	0,125	0,524	15,95	15,42	16,07	15,55	0,15	0,78	0,81
30	D15 - D16	137,843	16,05	15,97	15,55	15,19	0,0026	0,11	0,358	15,44	15,08	15,55	15,19	0,15	0,76	1,04
31	D14 - D16	26,5054	16,08	15,97	15,58	15,47	0,0042	0,14	0,110	15,44	15,33	15,58	15,47	0,15	0,79	0,79
32	D16 - D20	114,6599	15,97	15,2	15,22	14,45	0,0067	0,14	0,770	15,08	14,31	15,22	14,45	0,15	1,04	1,04
33	D17 - D19	131,268	15,98	15,21	15,48	14,71	0,0059	0,11	0,770	15,37	14,60	15,48	14,71	0,15	0,76	0,76
34	D18 - D19	100,285	15,95	15,21	15,45	14,71	0,0074	0,11	0,740	15,34	14,60	15,45	14,71	0,15	0,76	0,76
35	D19 - D20	29,7392	15,21	15,2	14,71	14,63	0,0026	0,11	0,077	14,60	14,52	14,71	14,63	0,15	0,76	0,83
36	D20 - D21	187,682	15,2	14,4	14,51	13,71	0,0043	0,2	0,800	14,31	13,51	14,51	13,71	0,15	1,04	1,04
37	D21 - D22	50,0862	14,4	12,4	13,62	11,62	0,0399	0,11	2,000	13,51	11,51	13,62	11,62	0,15	1,04	1,04
38	D22 - D23	50,8766	12,4	8,35	10,53	7,85	0,0796	0,11	4,050	10,42	7,74	10,53	7,85	0,15	2,14	2,14
39	D24 - D26	119,3387	15,6	15,25	15,10	14,75	0,0029	0,11	0,350	14,99	14,64	15,10	14,75	0,15	0,76	0,76
40	D25 - D26	85,0419	15,55	15,25	15,05	14,75	0,0035	0,11	0,300	14,94	14,64	15,05	14,75	0,15	0,76	0,76

No.	Jalur Pipa	L Pipa	Elevasi Medan		Elevasi Penanaman Desain		Slope Pipa	D apply (m)	Headloss (m)	Elevasi bawah pipa (m)		Elevasi atas pipa (m)		Pondasi Pasir Bawah Pipa (m)	Kedalaman Galian (m)	
		(m)	awal	akhir	awal	akhir				Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
41	D26 - D27	215,1535	15,25	8,25	14,75	7,75	0,0325	0,11	7,000	14,64	7,64	14,75	7,75	0,15	0,76	0,76
42	D23 - D27	7,3162	8,35	8,25	7,85	7,75	0,0137	0,2	0,100	7,65	7,55	7,85	7,75	0,15	2,14	2,14
43	D28 - D32	229,379	16	14,75	15,30	14,05	0,0054	0,11	1,250	15,19	13,94	15,30	14,05	0,15	0,96	0,96
44	D29 - D31	182,3334	15,98	14,78	15,28	14,08	0,0066	0,11	1,200	15,17	13,97	15,28	14,08	0,15	0,96	0,96
45	D30 - D31	110,8313	14,76	14,78	14,26	13,97	0,0026	0,11	0,288	14,15	13,86	14,26	13,97	0,15	0,76	1,07
46	D31 - D32	27,3223	14,78	14,75	13,97	13,90	0,0026	0,11	0,071	13,86	13,79	13,97	13,90	0,15	1,07	1,11
47	D32 - D34	106,2582	14,75	11,6	13,90	10,75	0,0296	0,11	3,150	13,79	10,64	13,90	10,75	0,15	1,11	1,11
48	D33 - D34	231,9259	15,81	11,6	15,11	10,90	0,0182	0,11	4,210	15,00	10,79	15,11	10,90	0,15	0,96	0,96
49	D34 - D35	25,0705	11,6	7,55	10,75	5,76	0,1615	0,11	4,050	10,64	5,56	10,75	5,76	0,15	1,11	1,11
50	D27 - D35	91,6765	8,25	7,55	7,75	5,76	0,0076	0,2	0,700	7,55	5,56	7,75	5,76	0,15	2,14	2,14
51	D35 - D36 (IPAL)	201,5132	7,55	4,23	5,76	2,44	0,0165	0,2	3,320	5,56	2,24	5,76	2,44	0,15	2,14	2,14

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Tabel Penentuan Jumlah *Manhole Cluster I*

No.	Saluran	Diameter pipa (mm)	Panjang pipa (m)	Jarak Antar Manhole (m)	Manhole					
					Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop Manhole	Total
1	A1 - A4	110	98,1715	125	1	1	1			3
2	A2 - A6	110	105,8775	125	1	1	1			3
3	A3 - A4	110	55,508	125	1					1
4	A5 - A6	110	71,5294	125	1					1
5	A6 - A8	110	28,2558	125			1			1
6	A7 - A8	110	96,5265	125	1					1
7	A8 - A11	110	40,7618	125			1			1
8	A10 - A11	110	60,516	125	1		1			2
9	A11 - A13	110	38,9144	125			1			1
10	A12 - A13	110	54,1006	125	1					1
11	A9 - A14	110	362,0567	125	2	1	1			4
12	A13 - A14	125	255,1028	125		2				2
13	A14 - A40	125	77,4795	125			1			1
14	A4 - A39	125	427,994	125	3		1			4
15	A15 - A38	110	472,7283	125	3		1			4
16	A16 - A37	110	464,5428	125	3		1			4
17	A17 - A36	110	451,6052	125	3		1			4
18	A18 - A35	110	425,7386	125	3		1			4
19	A19 - A23	110	84,6069	125	1		1			2
20	A20 - A22	110	76,4598	125	1		1			2
21	A21 - A22	110	111,2347	125	1	1				2
22	A22 - A23	110	33,3013	125						0
23	A23 - A25	110	38,6607	125			1			1
24	A24 - A25	110	97,112	125	1					1
25	A25 - A27	110	39,0493	125			1			1
26	A26 - A27	110	96,1258	125	1					1
27	A27 - A29	125	42,6772	125			1			1
28	A28 - A29	110	101,1693	125	1					1
29	A29 - A34	125	198,5626	125	1		1			2
30	A30 - A33	110	184,4451	125	1		1			2
31	A31 - A32	110	184,2124	125	1	1				2
32	A32 - A33	110	30,0374	125						0
33	A33 - A34	110	26,737	125						0
34	A34 - A35	200	49,5724	150						0
35	A35 - A36	200	42,3998	150						0
36	A36 - A37	200	30,0268	150						0
37	A37 - A38	300	28,8148	150						0
38	A38 - A39	200	33,9325	150						0
39	A39 - A40	200	1,7197	150						0
40	A40 - H34	200	404,511	150	2		1			3
41	B1 - B3	110	63,685	125	1		1			2
42	B2 - B3	110	89,4738	125	1					1
43	B3 - B5	110	32,0808	125			1			1
44	B4 - B5	110	87,8288	125	1					1
45	B5 - B7	110	35,3867	125			1			1

No.	Saluran	Diameter pipa (mm)	Panjang pipa (m)	Jarak Antar Manhole (m)	Manhole					
					Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop Manhole	Total
46	B6 - B7	110	84,776	125	1					1
47	B7 - B8	110	248,8997	125	1	3				4
48	B9 - B19	110	120,1119	125	1		1			2
49	B10 - B14	110	150,9231	125	1	1	1			3
50	B11 - B13	110	172,6158	125	1	1	1			3
51	B12 - B13	110	65,5719	125	1	1				2
52	B13 - B14	110	68,7773	125		2				2
53	B14 - B15	125	43,5229	125			1			1
54	B8 - B15	125	35,9057	125						0
55	B15 - E18	200	48,6764	150			1			1
56	B16 - B18	110	34,8506	125	1		1			2
57	B17 - B18	110	72,759	125	1					1
58	B' - B"	110	84,4034	125	1	2	1			4
59	B18 - B"	110	106,5337	125						0
60	B" - B19	110	80,2314	125		1				1
61	B20 - B21	110	181,0131	125	1	1	1			3
62	B19 - B21	110	20,3908	125						0
63	B22 - B23	110	226,8939	125	1	1	1			3
64	B21 - B23	110	49,1403	125						0
65	B24 - B25	110	256,7179	125	1	2	1			4
66	B23 - B25	200	50,6967	150						0
67	B25 - B31	110	13,619	125			1			1
68	B26 - B30	110	216,2245	125	1		1			2
69	B27 - B29	110	171,1056	125	1		1			2
70	B28 - B29	110	231,0145	125	1	1				2
71	B29 - B30	110	57,9477	125						0
72	B30 - B31	110	72,6581	125		2				2
73	B31 - E18	200	128,6105	150						0
74	E1 - E2	110	47,21	125	1	1				2
75	E3 - E4	110	88,5214	125	1		1			2
76	E2 - E4	110	18,695	125						0
77	E4 - E6	110	74,2384	125		1	1			2
78	E5 - E6	110	141,3144	125	1	2				3
79	E6 - E8	200	125,3148	150		1	1			2
80	E7 - E8	110	89,8339	125	1					1
81	E9 - E13	110	46,3348	125	1		1			2
82	E10 - E12	110	59,27	125	1		1			2
83	E11 - E12	110	57,9575	125	1	1				2
84	E12 - E13	110	22,3315	125						0
85	E13 - E14	110	63,6707	125			1			1
86	E8 - E14	125	51,6189	125						0
87	E15 - E17	110	109,448	125	1	1	1			3
88	E16 - E17	110	69,9873	125	1					1
89	E17 - E19	110	36,5891	125		1	1			2
90	E18 - E19	250	79,1326	150	1					1
91	E19 - E20	300	38,449	150			1			1

No.	Saluran	Diameter pipa (mm)	Panjang pipa (m)	Jarak Antar Manhole (m)	Manhole					
					Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop Manhole	Total
92	E14 - E20	200	80,4299	150		1				1
93	E21 - E22	110	216,0678	125	1	4	1			6
94	E20 - E22	300	70,945	150						0
95	E22 - E24	355	35,0033	150			1			1
96	E23 - E24	110	104,8231	125	1					1
97	E24 - E26	355	60,7825	150			1			1
98	E25 - E26	110	86,8296	125	1					1
99	E26 - E28	355	37,4466	150			1			1
100	E27 - E28	110	96,7242	125	1	2				3
101	E28 - E30	200	33,6783	150			1			1
102	E29 - E30	110	229,7757	125	1	2				3
103	E30 - E32	250	31,3328	150			1			1
104	E31 - E32	110	209,2763	125	2					2
105	E33 - E34	110	197,8282	125	2					2
106	E32 - E34	250	29,6917	150					1	1
107	E34 - E36	400	61,1698	150		1	1			2
108	E35 - E36	110	99,7084	125	1					1
109	E36 - E38	300	60,4995	150			1			1
110	E37 - E38	110	155,3079	125	1					1
111	E39 - E41	110	121,1944	125			1			1
112	E40 - E41	110	139,4565	125	1	1				2
113	E38 - E42	300	35,8472	150			1			1
114	E41 - E42	110	41,9793	125						0
115	E42 - F3	355	274,4825	150	1	1			1	3
116	F1 - F'	110	31,1303	125	1		1			2
117	F2 - F'	110	56,3048	125	1					1
118	F' - F3	110	38,0727	125						0
119	F4 - F5	110	54,5248	125	1		1			2
120	F3 - F5	355	104,1595	150					1	1
121	F6 - F8	110	306,6204	125	2	1	1			4
122	F7 - F8	110	266,8123	125	2					2
123	F8 - F10	125	49,0933	125		2	1			3
124	F9 - F10	110	190,5064	125	2					2
125	F10 - F12	200	41,5006	150			1			1
126	F11 - F12	110	110,3824	125	1					1
127	F12 - F18	140	101,8468	150		3	1			4
128	F13 - F15	110	135,651	125	1	1				2
129	F14 - F15	110	110,3957	125	1		1			2
130	F16 - F17	125	296,5923	125	2	1	1			4
131	F15 - F17	125	263,3782	125	2					2
132	F17 - F18	200	19,4252	150						0
133	F19 - F20	110	311,6442	125	3		1			4
134	F18 - F20	200	49,9098	150						0
135	F21 - F22	110	253,9906	125	2	2	1			5
136	F20 - F22	200	30,2343	150						0
137	F22 - F23	200	120,3956	150			1			1

No.	Saluran	Diameter pipa (mm)	Panjang pipa (m)	Jarak Antar Manhole (m)	Manhole					
					Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop Manhole	Total
138	F5 - F23	300	223,2774	150						0
139	F24 - F25	110	86,4823	125	1		1			2
140	F23 - F25	355	107,8123	150						0
141	F26 - F27	110	80,7887	125	1		1			2
142	F25 - F27	400	95,2624	150					1	1
143	F28 - F29	110	86,8246	125	1		1			2
144	F27 - F29	475	34,513	150						0
145	F29 - F31	475	155,2561	150		1	1			2
146	F30 - F31	110	238,1529	125	3					3
147	F32 - F34	110	107,636	125	1	1	1			3
148	F33 - F34	110	55,4676	125	1					1
149	F34 - F36	110	63,4137	125		1	1			2
150	F35 - F36	110	110,4559	125	1	2				3
151	F36 - F42	110	29,8104	125						0
152	F37 - F39	110	61,4458	125	1		1			2
153	F38 - F39	110	58,8934	125	1					1
154	F39 - F41	110	38,1667	125			1			1
155	F40 - F41	110	54,2145	125	1					1
156	F41 - F42	110	38,1422	125			1			1
157	F42 - F43	110	86,2531	125						0
158	F31 - F43	475	39,4451	150			1			1
159	F43 - F46	300	135,653	150		1	1			2
160	F45 - F46	110	50,0371	125	1					1
161	F46 - F48	250	27,4456	150						0
162	F44 - F48	110	174,9709	125	1	2	1			4
163	F48 - F50	300	29,5171	150			1			1
164	F49 - F50	110	153,8367	125	1	3				4
165	F50 - F52	355	34,1798	150			1			1
166	F51 - F52	110	44,1843	125	1					1
167	F52 - F59	300	28,0103	150			1			1
168	F58 - F59	110	66,1024	125	1					1
169	F59 - G15	375	87,8803	150		1	1			2
170	F53 - F55	110	62,3993	125	1		1			2
171	F54 - F55	110	118,7026	125	1					1
172	F56 - F57	110	120,0723	125	1		1			2
173	F55 - F57	110	23,2828	125						0
174	F57 - H40	110	238,3064	125	1	1		1		3
175	G1 - G3	110	103,6904	125	1	1	1			3
176	G2 - G3	110	22,6814	125	1					1
177	G3 - G5	110	31,2444	125			1			1
178	G4 - G5	110	54,6395	125	1					1
179	G5 - G7	110	38,7198	125			1			1
180	G6 - G7	110	54,0703	125	1					1
181	G8 - G10	110	48,7811	125	1	1	1			3
182	G9 - G10	110	46,8834	125	1	1				2
183	G10 - G12	110	21,3005	125			1			1

No.	Saluran	Diameter pipa (mm)	Panjang pipa (m)	Jarak Antar Manhole (m)	Manhole					
					Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop Manhole	Total
184	G11 - G12	110	51,0214	125	1	1				2
185	G7 - G12	110	58,003	125						0
186	G12 - G14	110	37,5907	125			1			1
187	G13 - G14	110	132,2117	125	1	2				3
188	G14 - G15	200	61,6148	150						0
189	G15 - H40	400	41,8701	150						0
190	G16 - G17	110	134,7653	125	1	1				2
191	G17 - G19	110	57,4037	125			1			1
192	G18 - G19	110	139,4841	125	1					1
193	G19 - G21	110	60,2317	125			1			1
194	G20 - G21	110	135,4215	125	1					1
195	G21 - G23	110	60,9531	125			1			1
196	G22 - G23	110	135,4501	125	1					1
197	G23 - G25	110	34,4558	125			1			1
198	G24 - G25	110	249,7299	125	2	1				3
199	G25 - G27	110	23,8477	125			1			1
200	G26 - G27	110	137,8455	125	1					1
201	G27 - G29	110	56,1252	125			1			1
202	G30 - G31	110	440,2028	125	1	3	1			5
203	G29 - G31	110	51,943	125						0
204	G28 - G29	110	137,2194	125	1					1
205	G31 - G35	125	56,0891	125			1			1
206	G32 - G34	110	94,5236	125	1		1			2
207	G33 - G34	110	45,3336	125	1					1
208	G34 - G35	110	447,3128	125	1	2				3
209	G36 - G37	110	235,65	125	1	1	1			3
210	G35 - G37	200	59,9768	150						0
211	G37 - G39	200	49,3159	150			1			1
212	G40 - G41	110	174,3434	125	1					1
213	G39 - G41	200	17,0217	150			1			1
214	G38 - G39	110	130,7891	125	1					1
215	G42 - G43	110	119,2006	125	1		1			2
216	G41 - G43	200	65,0723	150						0
217	G43 - G45	125	70,3661	125		1	1			2
218	G44 - G45	110	54,3069	125	1					1
219	G45 - G47	200	49,0254	150			1			1
220	G46 - G47	110	52,0542	125	1					1
221	G47 - G49	125	22,4777	125			1			1
222	G48 - G49	110	53,6813	125	1					1
223	G49 - H39	110	10,1502	125			1			1
224	H1 - H3	110	110,4692	125	1	1	1			3
225	H2 - H3	110	81,0889	125	1					1
226	H3 - H5	110	10,881	125						0
227	H4 - H5	110	90,3691	125	1	1	1			3
228	H5 - H7	110	87,3846	125		1	1			2
229	H6 - H7	110	157,1277	125	1					1

No.	Saluran	Diameter pipa (mm)	Panjang pipa (m)	Jarak Antar Manhole (m)	Manhole					
					Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop Manhole	Total
230	H7 - H9	140	20,4804	125			1			1
231	H8 - H9	110	74,1733	125	1					1
232	H9 - H11	200	101,1849	150			1			1
233	H10 - H11	110	62,5657	125	1					1
234	H11 - H13	125	69,6448	125			1			1
235	H12 - H13	110	60,8327	125	1					1
236	H13 - H15	110	21,9834	125			1			1
237	H14 - H15	110	62,2887	125	1					1
238	H' - H"	110	67,8358	125	1		1			2
239	H15 - H"	110	22,8251	125						0
240	H16 - H17	110	79,9486	125	1					1
241	H" - H17	110	19,0402	125			1			1
242	H17 - H19	125	21,1715	125			1			1
243	H18 - H19	110	83,7645	125	1					1
244	H19 - H21	125	21,9202	125			1			1
245	H20 - H21	110	86,3065	125	1					1
246	H22 - H23	110	86,1821	125	1					1
247	H21 - H23	125	23,4635	125			1			1
248	H23 - H25	140	28,5166	125			1			1
249	H24 - H25	110	87,248	125	1					1
250	H25 - H33	125	7,8552	125			1			1
251	H26 - H28	125	626,4226	125	4	2	1			7
252	H27 - H28	110	337,0772	125	2	2				4
253	H28 - H30	110	27,4427	125			1			1
254	H29 - H30	200	572,9575	150	4	1				5
255	H30 - H32	250	60,5171	150			1			1
256	H31 - H32	110	315,5785	125	3					3
257	H32 - H33	200	172,2533	150		1				1
258	H33 - H34	350	236,4077	150	1	2				3
259	H34 - H36	400	378,6578	150	2	1				3
260	H35 - H36	110	134,9996	125	1		1			2
261	H37 - H38	110	134,5122	125	1		1			2
262	H36 - H38	400	23,6758	150						0
263	H38 - H39	300	25,4595	150						0
264	H39 - H40	300	52,3049	150		1				1
265	H40 - H41 (IPAL)	350	10,1846	150						0
TOTAL					177	96	127	1	4	405

Tabel Penentuan Jumlah *Manhole Cluster II*

No.	Saluran	Diameter pipa (mm)	Panjang pipa (m)	Jarak Antar Manhole (m)	Manhole					
					Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop Manhole	Total
1	C1 - C3	110	83,8281	125	1		1			2
2	C2 - C3	110	45,6437	125	1					1
3	C3 - C5	110	105,0519	125			1			1
4	C4 - C5	110	68,4035	125	1					1
5	C5 - C7	110	68,187	125			1			1
6	C6 - C7	110	78,0275	125	1					1
7	C8 - D21	110	51,9686	125	1		1			2
8	C7 - C10	110	60,1974	125			1			1
9	C9 - C10	110	146,7409	125	2	1				3
10	C10 - D22	125	87,0065	125			1			1
11	C11 - C13	110	59,4958	125	1		1			2
12	C12 - C13	110	53,5128	125	1					1
13	C13 - D23	110	59,2631	125			1			1
14	C14 - C16	110	139,0502	125	1		1			2
15	C15 - C16	110	51,9839	125	1					1
16	C16 - D35	110	136,646	125				1		1
17	D1 - D3	110	130,1035	125	1	1	1			3
18	D2 - D3	110	100,0459	125	1					1
19	D3 - D5	110	27,9925	125			1			1
20	D4 - D5	110	101,415	125	1		1			2
21	D6 - D10	110	99,677	125	1	1	1			3
22	D7 - D9	110	60,3823	125	1	1	1			3
23	D8 - D9	110	40,053	125	1					1
24	D9 - D10	110	20,9987	125						0
25	D10 - D11	110	94,1594	125		1				1
26	D11 - D13	110	26,8427	125			1			1
27	D12 - D13	110	174,281	125	1		1			2
28	D13 - D14	110	29,9711	125			1			1
29	D5 - D14	125	227,6594	125	1	1	1			3
30	D15 - D16	110	137,843	125	1		1			2
31	D14 - D16	140	26,5054	125						0
32	D16 - D20	140	114,6599	125			1			1
33	D17 - D19	110	131,268	125	1	1	1			3
34	D18 - D19	110	100,285	125	1					1
35	D19 - D20	110	29,7392	125						0
36	D20 - D21	200	187,682	150	1					1
37	D21 - D22	110	50,0862	125						0
38	D22 - D23	110	50,8766	125						0
39	D24 - D26	110	119,3387	125	1	1	1			3
40	D25 - D26	110	85,0419	125	1					1
41	D26 - D27	110	215,1535	125	1	2	1			4
42	D23 - D27	200	7,3162	150					1	1
43	D28 - D32	110	229,379	125	1	4	1			6
44	D29 - D31	110	182,3334	125	2		1			3
45	D30 - D31	110	110,8313	125	1	2				3

No.	Saluran	Diameter pipa (mm)	Panjang pipa (m)	Jarak Antar Manhole (m)	Manhole					
					Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop Manhole	Total
46	D31 - D32	110	27,3223	125						0
47	D32 - D34	110	106,2582	125			1			1
48	D33 - D34	110	231,9259	125	2	1				3
49	D34 - D35	110	25,0705	125						0
50	D27 - D35	200	91,6765	150		1			1	2
51	D35 - D36 (IPAL)	200	201,5132	150		2				2
TOTAL					32	20	26	1	2	81

Tabel BOQ Pekerjaan Galian dan Urugan Cluster I

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman Pipa		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II		m3	m3	m3
1	A1 - A4	98,1715	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	98,2	63,43	0,00	63,43	0,93	27,6	35,8
2	A2 - A6	105,8775	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	105,9	68,41	0,00	68,41	1,01	29,8	38,6
3	A3 - A4	55,508	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	55,5	35,87	0,00	35,87	0,53	15,6	20,2
4	A5 - A6	71,5294	0,11	0,76	0,79	0,91	0,94	0,03	71,5	46,22	0,66	46,88	0,68	20,1	26,7
5	A6 - A8	28,2558	0,11	0,79	0,81	0,94	0,96	0,02	28,3	18,87	0,24	19,10	0,27	8,0	11,1
6	A7 - A8	96,5265	0,11	0,76	0,91	0,91	1,06	0,15	96,5	62,37	5,17	67,54	0,92	27,2	40,4
7	A8 - A11	40,7618	0,11	0,91	0,99	1,06	1,14	0,08	40,8	30,69	1,10	31,79	0,39	11,5	20,3
8	A10 - A11	60,516	0,11	0,76	0,86	0,91	1,01	0,10	60,5	39,10	2,09	41,20	0,57	17,0	24,2
9	A11 - A13	38,9144	0,11	0,99	0,99	1,14	1,14	0,00	38,9	31,51	0,00	31,51	0,37	11,0	20,6
10	A12 - A13	54,1006	0,11	0,76	0,90	0,91	1,05	0,14	54,1	34,96	2,70	37,66	0,51	15,2	22,4
11	A9 - A14	362,0567	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	362,1	233,93	0,00	233,93	3,44	102,0	132,0
12	A13 - A14	255,1028	0,125	1,00	1,00	1,15	1,15	0,00	255,1	211,77	0,00	211,77	3,13	75,5	136,3
13	A14 - A40	77,4795	0,125	1,00	1,00	1,15	1,15	0,00	77,5	64,32	0,00	64,32	0,95	22,9	41,4
14	A4 - A39	427,994	0,125	0,78	0,78	0,93	0,93	0,00	428,0	287,02	0,00	287,02	5,25	126,6	160,4
15	A15 - A38	472,7283	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	472,7	305,43	0,00	305,43	4,49	133,1	172,3
16	A16 - A37	464,5428	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	464,5	300,14	0,00	300,14	4,41	130,8	169,3
17	A17 - A36	451,6052	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	451,6	291,78	0,00	291,78	4,29	127,2	164,6
18	A18 - A35	425,7386	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	425,7	275,07	0,00	275,07	4,04	119,9	155,2
19	A19 - A23	84,6069	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	84,6	54,67	0,00	54,67	0,80	23,8	30,8
20	A20 - A22	76,4598	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	76,5	49,40	0,00	49,40	0,73	21,5	27,9
21	A21 - A22	111,2347	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	111,2	71,87	0,00	71,87	1,06	31,3	40,5
22	A22 - A23	33,3013	0,11	0,76	0,80	0,91	0,95	0,04	33,3	21,52	0,43	21,96	0,32	9,4	12,6
23	A23 - A25	38,6607	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	38,7	24,99	0,00	24,99	0,37	10,9	14,1
24	A24 - A25	97,112	0,11	0,76	0,91	0,91	1,06	0,15	97,1	62,75	5,26	68,00	0,92	27,3	40,7
25	A25 - A27	39,0493	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	39,1	25,24	0,00	25,24	0,37	11,0	14,2
26	A26 - A27	96,1258	0,11	0,76	0,82	0,91	0,97	0,06	96,1	62,11	2,04	64,15	0,91	27,1	37,1
27	A27 - A29	42,6772	0,125	0,78	0,84	0,93	0,99	0,06	42,7	28,63	0,99	29,62	0,52	12,6	17,0
28	A28 - A29	101,1693	0,11	0,76	0,94	0,91	1,09	0,18	101,2	65,37	6,57	71,94	0,96	28,5	43,5
29	A29 - A34	198,5626	0,125	0,85	0,85	1,00	1,00	0,00	198,6	143,24	0,00	143,24	2,44	58,7	84,5

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman Pipa		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II		m3	m3	m3
30	A30 - A33	184,4451	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	184,4	119,17	0,00	119,17	1,75	51,9	67,2
31	A31 - A32	184,2124	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	184,2	119,02	0,00	119,02	1,75	51,9	67,1
32	A32 - A33	30,0374	0,11	0,76	0,85	0,91	1,00	0,09	30,1	19,42	0,94	20,36	0,29	8,5	11,9
33	A33 - A34	26,737	0,11	0,76	0,83	0,91	0,98	0,07	26,8	17,28	0,66	17,94	0,25	7,5	10,4
34	A34 - A35	49,5724	0,2	0,85	0,92	1,00	1,07	0,07	49,6	39,67	1,38	41,04	1,56	18,3	22,8
35	A35 - A36	42,3998	0,2	0,92	0,95	1,07	1,10	0,03	42,4	36,31	0,52	36,83	1,33	15,6	21,2
36	A36 - A37	30,0268	0,2	0,95	0,95	1,10	1,10	0,00	30,0	26,44	0,00	26,44	0,94	11,1	15,4
37	A37 - A38	28,8148	0,3	0,95	0,99	1,10	1,14	0,04	28,8	28,55	0,52	29,07	2,04	13,5	15,5
38	A38 - A39	33,9325	0,2	0,99	0,99	1,14	1,14	0,00	34,0	30,96	0,00	30,96	1,07	12,5	18,5
39	A39 - A40	1,7197	0,2	0,99	0,99	1,14	1,14	0,00	2,1	1,88	0,00	1,88	0,05	0,6	1,2
40	A40 - H34	404,511	0,2	0,99	0,99	1,14	1,14	0,00	404,5	368,92	0,00	368,92	12,70	149,1	219,8
41	B1 - B3	63,685	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	63,7	41,15	0,00	41,15	0,60	17,9	23,2
42	B2 - B3	89,4738	0,11	0,76	0,84	0,91	0,99	0,08	89,5	57,81	2,62	60,44	0,85	25,2	35,2
43	B3 - B5	32,0808	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	32,1	20,74	0,00	20,74	0,30	9,0	11,7
44	B4 - B5	87,8288	0,11	0,76	0,83	0,91	0,98	0,07	87,8	56,75	2,13	58,88	0,83	24,7	34,1
45	B5 - B7	35,3867	0,11	0,76	0,79	0,91	0,94	0,03	35,4	22,87	0,40	23,27	0,34	10,0	13,3
46	B6 - B7	84,776	0,11	0,76	0,95	0,91	1,10	0,19	84,8	54,78	5,73	60,51	0,81	23,9	36,6
47	B7 - B8	248,8997	0,11	0,79	0,79	0,94	0,94	0,00	248,9	166,12	0,00	166,12	2,36	70,1	96,0
48	B9 - B19	120,1119	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	120,1	77,61	0,00	77,61	1,14	33,8	43,8
49	B10 - B14	150,9231	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	150,9	97,51	0,00	97,51	1,43	42,5	55,0
50	B11 - B13	172,6158	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	172,6	111,53	0,00	111,53	1,64	48,6	62,9
51	B12 - B13	65,5719	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	65,6	42,37	0,00	42,37	0,62	18,5	23,9
52	B13 - B14	68,7773	0,11	0,76	0,83	0,91	0,98	0,07	68,8	44,44	1,68	46,12	0,65	19,4	26,8
53	B14 - B15	43,5229	0,125	0,84	0,85	0,99	1,00	0,02	43,5	31,09	0,25	31,34	0,53	12,9	18,5
54	B8 - B15	35,9057	0,125	0,78	0,78	0,93	0,93	0,00	35,9	24,09	0,00	24,09	0,44	10,6	13,5
55	B15 - E18	48,6764	0,2	0,85	0,85	1,00	1,00	0,00	48,7	38,95	0,00	38,95	1,53	17,9	21,0
56	B16 - B18	34,8506	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	34,9	22,52	0,00	22,52	0,33	9,8	12,7
57	B17 - B18	72,759	0,11	0,76	0,93	0,91	1,08	0,17	72,8	47,01	4,37	51,38	0,69	20,5	30,9
58	B' - B"	84,4034	0,11	0,76	0,79	0,91	0,94	0,03	84,4	54,54	0,88	55,42	0,80	23,8	31,7
59	B18 - B"	106,5337	0,11	0,93	0,93	1,08	1,08	0,00	106,5	81,69	0,00	81,69	1,01	30,0	51,7

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman Pipa		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II		m3	m3	m3
60	B" - B19	80,2314	0,11	0,93	0,93	1,08	1,08	0,00	80,2	61,53	0,00	61,53	0,76	22,6	38,9
61	B20 - B21	181,0131	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	181,0	116,95	0,00	116,95	1,72	51,0	66,0
62	B19 - B21	20,3908	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	20,4	13,19	0,00	13,19	0,19	5,7	7,4
63	B22 - B23	226,8939	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	226,9	146,60	0,00	146,60	2,16	63,9	82,7
64	B21 - B23	49,1403	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	49,1	31,75	0,00	31,75	0,47	13,8	17,9
65	B24 - B25	256,7179	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	256,7	165,87	0,00	165,87	2,44	72,3	93,6
66	B23 - B25	50,6967	0,2	0,85	0,89	1,00	1,04	0,04	50,7	40,57	0,83	41,39	1,59	18,7	22,7
67	B25 - B31	13,619	0,11	0,89	0,89	1,04	1,04	0,00	13,7	10,09	0,00	10,09	0,13	3,8	6,3
68	B26 - B30	216,2245	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	216,2	139,70	0,00	139,70	2,05	60,9	78,8
69	B27 - B29	171,1056	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	171,1	110,55	0,00	110,55	1,63	48,2	62,4
70	B28 - B29	231,0145	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	231,0	149,26	0,00	149,26	2,19	65,1	84,2
71	B29 - B30	57,9477	0,11	0,76	0,81	0,91	0,96	0,05	58,0	37,44	1,04	38,49	0,55	16,3	22,2
72	B30 - B31	72,6581	0,11	0,81	0,81	0,96	0,96	0,00	72,7	49,53	0,00	49,53	0,69	20,5	29,1
73	B31 - E18	128,6105	0,2	0,85	0,85	1,00	1,00	0,00	128,6	102,89	0,00	102,89	4,04	47,4	55,5
74	E1 - E2	47,21	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	47,2	30,51	0,00	30,51	0,45	13,3	17,2
75	E3 - E4	88,5214	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	88,5	57,20	0,00	57,20	0,84	24,9	32,3
76	E2 - E4	18,695	0,11	0,76	0,79	0,91	0,94	0,03	18,7	12,09	0,19	12,28	0,18	5,3	7,0
77	E4 - E6	74,2384	0,11	0,79	0,79	0,94	0,94	0,00	74,2	49,55	0,00	49,55	0,71	20,9	28,6
78	E5 - E6	141,3144	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	141,3	91,31	0,00	91,31	1,34	39,8	51,5
79	E6 - E8	125,3148	0,2	0,85	1,00	1,00	1,15	0,15	125,3	100,26	7,54	107,79	3,93	46,2	61,6
80	E7 - E8	89,8339	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	89,8	58,04	0,00	58,04	0,85	25,3	32,7
81	E9 - E13	46,3348	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	46,3	29,94	0,00	29,94	0,44	13,0	16,9
82	E10 - E12	59,27	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	59,3	38,30	0,00	38,30	0,56	16,7	21,6
83	E11 - E12	57,9575	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	58,0	37,45	0,00	37,45	0,55	16,3	21,1
84	E12 - E13	22,3315	0,11	0,76	0,78	0,91	0,93	0,02	22,4	14,44	0,14	14,58	0,21	6,3	8,3
85	E13 - E14	63,6707	0,11	0,78	0,78	0,93	0,93	0,00	63,7	42,05	0,00	42,05	0,60	17,9	24,1
86	E8 - E14	51,6189	0,125	1,01	1,01	1,16	1,16	0,00	51,6	43,24	0,00	43,24	0,63	15,3	28,0
87	E15 - E17	109,448	0,11	0,76	1,02	0,91	1,17	0,26	109,5	70,72	10,28	81,00	1,04	30,8	50,2
88	E16 - E17	69,9873	0,11	0,76	0,89	0,91	1,04	0,13	70,0	45,22	3,28	48,50	0,66	19,7	28,8
89	E17 - E19	36,5891	0,11	1,02	1,02	1,17	1,17	0,00	36,6	30,41	0,00	30,41	0,35	10,3	20,1

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman Pipa		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II		m3	m3	m3
90	E18 - E19	79,1326	0,25	0,90	0,90	1,05	1,05	0,00	79,1	70,63	0,00	70,63	3,88	33,1	37,5
91	E19 - E20	38,449	0,3	1,02	1,40	1,17	1,55	0,38	38,5	40,51	6,52	47,03	2,72	18,0	29,0
92	E14 - E20	80,4299	0,2	0,85	1,70	1,00	1,85	0,85	80,4	64,35	27,23	91,58	2,53	29,6	61,9
93	E21 - E22	216,0678	0,11	0,76	1,21	0,91	1,36	0,45	216,1	139,60	34,65	174,26	2,05	60,8	113,4
94	E20 - E22	70,945	0,3	1,70	1,70	1,85	1,85	0,00	71,0	118,16	0,00	118,16	5,01	33,3	84,9
95	E22 - E24	35,0033	0,355	1,71	1,73	1,86	1,88	0,02	35,1	62,10	0,35	62,45	3,46	18,4	44,0
96	E23 - E24	104,8231	0,11	0,76	0,83	0,91	0,98	0,07	104,8	67,73	2,70	70,43	1,00	29,5	40,9
97	E24 - E26	60,7825	0,355	1,74	2,30	1,89	2,45	0,57	60,8	109,47	16,44	125,91	6,01	32,0	93,9
98	E25 - E26	86,8296	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	86,8	56,10	0,00	56,10	0,82	24,5	31,7
99	E26 - E28	37,4466	0,355	2,31	3,18	2,46	3,33	0,87	37,5	87,98	15,60	103,58	3,70	19,7	83,9
100	E27 - E28	96,7242	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	96,7	62,50	0,00	62,50	0,92	27,2	35,3
101	E28 - E30	33,6783	0,2	3,18	3,18	3,33	3,33	0,00	33,8	90,16	0,00	90,16	1,06	12,4	77,7
102	E29 - E30	229,7757	0,11	0,76	0,96	0,91	1,11	0,20	229,8	148,46	16,10	164,56	2,18	64,7	99,9
103	E30 - E32	31,3328	0,25	3,18	3,18	3,33	3,33	0,00	31,5	89,19	0,00	89,19	1,54	13,1	76,1
104	E31 - E32	209,2763	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	209,3	135,21	0,00	135,21	1,99	58,9	76,3
105	E33 - E34	197,8282	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	197,8	127,82	0,00	127,82	1,88	55,7	72,1
106	E32 - E34	29,6917	0,25	3,97	3,97	4,12	4,12	0,00	30,0	104,98	0,00	104,98	1,46	12,4	92,6
107	E34 - E36	61,1698	0,4	3,97	3,98	4,12	4,13	0,01	61,3	252,59	0,32	252,91	7,68	35,1	217,8
108	E35 - E36	99,7084	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	99,7	64,42	0,00	64,42	0,95	28,1	36,3
109	E36 - E38	60,4995	0,3	3,98	3,98	4,13	4,13	0,00	60,6	225,40	0,00	225,40	4,27	28,4	197,0
110	E37 - E38	155,3079	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	155,3	100,35	0,00	100,35	1,48	43,7	56,6
111	E39 - E41	121,1944	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	121,2	78,31	0,00	78,31	1,15	34,1	44,2
112	E40 - E41	139,4565	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	139,5	90,10	0,00	90,10	1,32	39,3	50,8
113	E38 - E42	35,8472	0,3	3,98	3,98	4,13	4,13	0,00	36,1	134,13	0,00	134,13	2,53	16,8	117,3
114	E41 - E42	41,9793	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	42,0	27,13	0,00	27,13	0,40	11,8	15,3
115	E42 - F3	274,4825	0,355	3,99	3,99	4,14	4,14	0,00	274,5	1084,03	0,00	1084,03	27,15	144,5	939,5
116	F1 - F'	31,1303	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	31,1	20,12	0,00	20,12	0,30	8,8	11,4
117	F2 - F'	56,3048	0,11	0,76	0,82	0,91	0,97	0,06	56,3	36,38	1,13	37,51	0,53	15,9	21,7
118	F' - F3	38,0727	0,11	0,82	0,82	0,97	0,97	0,00	38,1	26,23	0,00	26,23	0,36	10,7	15,5
119	F4 - F5	54,5248	0,11	0,76	0,77	0,91	0,92	0,01	54,5	35,23	0,23	35,46	0,52	15,4	20,1

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman Pipa		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II		m3	m3	m3
120	F3 - F5	104,1595	0,355	3,99	3,99	4,14	4,14	0,00	104,2	411,64	0,00	411,64	10,30	54,8	356,8
121	F6 - F8	306,6204	0,11	0,76	1,32	0,91	1,47	0,56	306,6	198,11	60,65	258,76	2,91	86,3	172,4
122	F7 - F8	266,8123	0,11	0,76	1,31	0,91	1,46	0,55	266,8	172,39	52,45	224,84	2,53	75,1	149,7
123	F8 - F10	49,0933	0,125	1,33	1,33	1,48	1,48	0,00	49,1	52,52	0,00	52,52	0,60	14,5	38,0
124	F9 - F10	190,5064	0,11	0,76	1,22	0,91	1,37	0,46	190,5	123,09	30,79	153,88	1,81	53,6	100,2
125	F10 - F12	41,5006	0,2	1,32	1,32	1,47	1,47	0,00	41,5	48,84	0,00	48,84	1,30	15,3	33,5
126	F11 - F12	110,3824	0,11	0,76	0,99	0,91	1,14	0,23	110,4	71,32	8,89	80,22	1,05	31,1	49,1
127	F12 - F18	101,8468	0,14	1,32	1,32	1,47	1,47	0,00	101,9	110,80	0,00	110,80	1,57	31,6	79,2
128	F13 - F15	135,651	0,11	0,76	0,82	0,91	0,97	0,06	135,7	87,65	3,02	90,67	1,29	38,2	52,5
129	F14 - F15	110,3957	0,11	0,76	0,86	0,91	1,01	0,10	110,4	71,33	3,80	75,13	1,05	31,1	44,0
130	F16 - F17	296,5923	0,125	0,78	0,78	0,93	0,93	0,00	296,6	198,90	0,00	198,90	3,64	87,7	111,2
131	F15 - F17	263,3782	0,125	0,87	0,87	1,02	1,02	0,00	263,4	193,81	0,00	193,81	3,23	77,9	115,9
132	F17 - F18	19,4252	0,2	0,86	0,86	1,01	1,01	0,00	19,5	15,72	0,00	15,72	0,61	7,2	8,6
133	F19 - F20	311,6442	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	311,6	201,35	0,00	201,35	2,96	87,8	113,6
134	F18 - F20	49,9098	0,2	0,85	0,85	1,00	1,00	0,00	49,9	39,94	0,00	39,94	1,57	18,4	21,5
135	F21 - F22	253,9906	0,11	0,76	0,84	0,91	0,99	0,08	254,0	164,10	7,25	171,35	2,41	71,5	99,8
136	F20 - F22	30,2343	0,2	0,85	0,85	1,00	1,00	0,00	30,3	24,20	0,00	24,20	0,95	11,1	13,1
137	F22 - F23	120,3956	0,2	0,85	0,85	1,00	1,00	0,00	120,4	96,32	0,00	96,32	3,78	44,4	51,9
138	F5 - F23	223,2774	0,3	3,98	3,98	4,13	4,13	0,00	223,3	830,06	0,00	830,06	15,77	104,8	725,3
139	F24 - F25	86,4823	0,11	2,76	2,76	2,91	2,91	0,00	86,5	178,78	0,00	178,78	0,82	24,4	154,4
140	F23 - F25	107,8123	0,355	3,99	3,99	4,14	4,14	0,00	107,9	426,06	0,00	426,06	10,67	56,8	369,3
141	F26 - F27	80,7887	0,11	2,76	2,95	2,91	3,10	0,19	80,8	167,03	5,45	172,48	0,77	22,8	149,7
142	F25 - F27	95,2624	0,4	3,98	3,98	4,13	4,13	0,00	95,4	393,80	0,00	393,80	11,96	54,7	339,1
143	F28 - F29	86,8246	0,11	2,76	2,93	2,91	3,08	0,17	86,9	179,49	5,11	184,60	0,82	24,4	160,1
144	F27 - F29	34,513	0,475	3,81	3,81	3,96	3,96	0,00	34,7	147,70	0,00	147,70	6,11	22,6	125,1
145	F29 - F31	155,2561	0,475	3,81	3,87	3,96	4,02	0,06	155,3	660,30	5,27	665,58	27,50	101,8	563,7
146	F30 - F31	238,1529	0,11	2,76	2,76	2,91	2,91	0,00	238,2	492,08	0,00	492,08	2,26	67,1	425,0
147	F32 - F34	107,636	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	107,6	69,55	0,00	69,55	1,02	30,3	39,2
148	F33 - F34	55,4676	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	55,5	35,84	0,00	35,84	0,53	15,6	20,2
149	F34 - F36	63,4137	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	63,4	40,98	0,00	40,98	0,60	17,9	23,1

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman Pipa		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II		m3	m3	m3
150	F35 - F36	110,4559	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	110,5	71,37	0,00	71,37	1,05	31,1	40,3
151	F36 - F42	29,8104	0,11	0,76	0,82	0,91	0,97	0,06	29,8	19,27	0,61	19,88	0,28	8,4	11,5
152	F37 - F39	61,4458	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	61,5	39,70	0,00	39,70	0,58	17,3	22,4
153	F38 - F39	58,8934	0,11	0,76	0,80	0,91	0,95	0,04	58,9	38,06	0,90	38,96	0,56	16,6	22,4
154	F39 - F41	38,1667	0,11	0,80	0,80	0,95	0,95	0,00	38,2	25,75	0,00	25,75	0,36	10,7	15,0
155	F40 - F41	54,2145	0,11	0,76	0,87	0,91	1,02	0,11	54,2	35,03	2,14	37,17	0,51	15,3	21,9
156	F41- F42	38,1422	0,11	0,87	0,95	1,02	1,10	0,08	38,2	27,63	1,07	28,70	0,36	10,7	18,0
157	F42 - F43	86,2531	0,11	0,95	0,95	1,10	1,10	0,00	86,3	67,37	0,00	67,37	0,82	24,3	43,1
158	F31 - F43	39,4451	0,475	3,31	3,31	3,46	3,46	0,00	39,6	147,06	0,03	147,10	6,99	25,9	121,2
159	F43 - F46	135,653	0,3	3,31	3,31	3,46	3,46	0,00	135,7	422,56	0,00	422,56	9,58	63,7	358,9
160	F45 - F46	50,0371	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	50,0	32,33	0,00	32,33	0,48	14,1	18,2
161	F46 - F48	27,4456	0,25	3,31	3,31	3,46	3,46	0,00	27,7	81,36	0,00	81,36	1,35	11,5	69,9
162	F44 - F48	174,9709	0,11	2,76	2,76	2,91	2,91	0,00	175,0	361,56	0,00	361,56	1,66	49,3	312,3
163	F48 - F50	29,5171	0,3	3,31	3,31	3,46	3,46	0,00	29,7	92,55	0,00	92,55	2,09	13,9	78,7
164	F49 - F50	153,8367	0,11	2,76	2,76	2,91	2,91	0,00	153,9	317,90	0,00	317,90	1,46	43,3	274,6
165	F50 - F52	34,1798	0,355	3,32	3,32	3,47	3,47	0,00	34,4	113,68	0,00	113,68	3,38	18,0	95,7
166	F51 - F52	44,1843	0,11	2,76	2,76	2,91	2,91	0,00	44,3	91,49	0,00	91,49	0,42	12,4	79,0
167	F52 - F59	28,0103	0,3	3,31	3,31	3,46	3,46	0,00	28,2	87,89	0,00	87,89	1,98	13,1	74,7
168	F58 - F59	66,1024	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	66,1	42,71	0,00	42,71	0,63	18,6	24,1
169	F59 - G15	87,8803	0,375	1,03	1,03	1,18	1,18	0,00	87,9	100,69	0,00	100,69	9,70	48,1	52,6
170	F53 - F55	62,3993	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	62,4	40,32	0,00	40,32	0,59	17,6	22,7
171	F54 - F55	118,7026	0,11	0,76	0,98	0,91	1,13	0,22	118,7	76,70	9,21	85,91	1,13	33,4	52,5
172	F56 - F57	120,0723	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	120,1	77,58	0,00	77,58	1,14	33,8	43,8
173	F55 - F57	23,2828	0,11	0,98	0,98	1,13	1,13	0,00	23,3	18,70	0,00	18,70	0,22	6,6	12,1
174	F57 - H40	238,3064	0,11	0,98	0,98	1,13	1,13	0,00	238,3	191,20	0,00	191,20	2,26	67,1	124,1
175	G1 - G3	103,6904	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	103,7	67,00	0,00	67,00	0,98	29,2	37,8
176	G2 - G3	22,6814	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	22,7	14,67	0,00	14,67	0,22	6,4	8,3
177	G3 - G5	31,2444	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	31,3	20,20	0,00	20,20	0,30	8,8	11,4
178	G4 - G5	54,6395	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	54,6	35,31	0,00	35,31	0,52	15,4	19,9
179	G5 - G7	38,7198	0,11	0,76	0,81	0,91	0,96	0,05	38,7	25,02	0,70	25,72	0,37	10,9	14,8

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman Pipa		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II		m3	m3	m3
180	G6 - G7	54,0703	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	54,1	34,94	0,00	34,94	0,51	15,2	19,7
181	G8 - G10	48,7811	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	48,8	31,52	0,00	31,52	0,46	13,7	17,8
182	G9 - G10	46,8834	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	46,9	30,30	0,00	30,30	0,45	13,2	17,1
183	G10 - G12	21,3005	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	21,3	13,77	0,00	13,77	0,20	6,0	7,8
184	G11 - G12	51,0214	0,11	0,76	0,82	0,91	0,97	0,06	51,0	32,97	1,13	34,11	0,48	14,4	19,7
185	G7 - G12	58,003	0,11	0,81	0,81	0,96	0,96	0,00	58,0	39,54	0,00	39,54	0,55	16,3	23,2
186	G12 - G14	37,5907	0,11	0,82	0,82	0,97	0,97	0,00	37,6	25,90	0,00	25,90	0,36	10,6	15,3
187	G13 - G14	132,2117	0,11	0,76	1,10	0,91	1,25	0,34	132,2	85,42	16,13	101,56	1,26	37,2	64,3
188	G14 - G15	61,6148	0,2	1,10	1,11	1,25	1,26	0,01	61,6	61,63	0,34	61,97	1,93	22,7	39,3
189	G15 - H40	41,8701	0,4	1,11	1,11	1,26	1,26	0,00	41,9	52,78	0,00	52,78	5,26	24,1	28,7
190	G16 - G17	134,7653	0,11	0,76	0,96	0,91	1,11	0,20	134,8	87,07	9,59	96,66	1,28	38,0	58,7
191	G17 - G19	57,4037	0,11	0,96	1,07	1,11	1,22	0,11	57,4	45,25	2,23	47,47	0,55	16,2	31,3
192	G18 - G19	139,4841	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	139,5	90,12	0,00	90,12	1,32	39,3	50,8
193	G19 - G21	60,2317	0,11	1,07	1,22	1,22	1,37	0,15	60,2	52,18	3,13	55,32	0,57	17,0	38,4
194	G20 - G21	135,4215	0,11	1,06	1,06	1,21	1,21	0,00	135,4	116,35	0,00	116,35	1,29	38,1	78,2
195	G21 - G23	60,9531	0,11	1,22	1,22	1,37	1,37	0,00	61,0	59,30	0,00	59,30	0,58	17,2	42,1
196	G22 - G23	135,4501	0,11	1,06	1,06	1,21	1,21	0,00	135,5	116,37	0,00	116,37	1,29	38,1	78,2
197	G23 - G25	34,4558	0,11	1,22	1,91	1,37	2,06	0,69	34,5	33,54	8,43	41,98	0,33	9,7	32,3
198	G24 - G25	249,7299	0,11	1,76	1,91	1,91	2,06	0,15	249,7	338,67	13,24	351,90	2,37	70,3	281,6
199	G25 - G27	23,8477	0,11	1,91	1,91	2,06	2,06	0,00	23,9	35,01	0,00	35,01	0,23	6,7	28,3
200	G26 - G27	137,8455	0,11	1,76	1,76	1,91	1,91	0,00	137,9	186,95	0,00	186,95	1,31	38,8	148,1
201	G27 - G29	56,1252	0,11	1,91	1,97	2,06	2,12	0,06	56,2	82,14	1,11	83,26	0,53	15,8	67,5
202	G30 - G31	440,2028	0,11	1,76	1,76	1,91	1,91	0,00	440,2	596,96	0,00	596,96	4,18	124,0	473,0
203	G29 - G31	51,943	0,11	1,97	1,97	2,12	2,12	0,00	52,0	78,25	0,00	78,25	0,49	14,6	63,6
204	G28 - G29	137,2194	0,11	1,76	1,76	1,91	1,91	0,00	137,2	186,10	0,00	186,10	1,30	38,6	147,5
205	G31 - G35	56,0891	0,125	1,98	2,00	2,13	2,15	0,03	56,1	86,47	0,53	87,00	0,69	16,6	70,4
206	G32 - G34	94,5236	0,11	0,76	0,91	0,91	1,06	0,15	94,5	61,07	4,89	65,97	0,90	26,6	39,3
207	G33 - G34	45,3336	0,11	0,76	0,78	0,91	0,93	0,02	45,3	29,30	0,29	29,58	0,43	12,8	16,8
208	G34 - G35	447,3128	0,11	0,91	0,91	1,06	1,06	0,00	447,3	336,65	0,00	336,65	4,25	126,0	210,7
209	G36 - G37	235,65	0,11	1,76	1,76	1,91	1,91	0,00	235,7	319,58	0,00	319,58	2,24	66,4	253,2

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman Pipa		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II		m3	m3	m3
210	G35 - G37	59,9768	0,2	2,00	2,00	2,15	2,15	0,00	60,0	103,23	0,00	103,23	1,88	22,1	81,1
211	G37 - G39	49,3159	0,2	2,00	2,00	2,15	2,15	0,00	49,4	84,90	0,00	84,90	1,55	18,2	66,7
212	G40 - G41	174,3434	0,11	1,76	1,76	1,91	1,91	0,00	174,4	236,44	0,00	236,44	1,66	49,1	187,3
213	G39 - G41	17,0217	0,2	2,00	2,00	2,15	2,15	0,00	17,2	29,51	0,00	29,51	0,53	6,3	23,2
214	G38 - G39	130,7891	0,11	1,76	1,76	1,91	1,91	0,00	130,8	177,38	0,00	177,38	1,24	36,8	140,6
215	G42 - G43	119,2006	0,11	1,76	1,76	1,91	1,91	0,00	119,2	161,67	0,00	161,67	1,13	33,6	128,1
216	G41 - G43	65,0723	0,2	2,00	2,00	2,15	2,15	0,00	65,1	111,99	0,00	111,99	2,04	24,0	88,0
217	G43 - G45	70,3661	0,125	1,88	1,88	2,03	2,03	0,00	70,4	103,35	0,00	103,35	0,86	20,8	82,5
218	G44 - G45	54,3069	0,11	1,76	1,76	1,91	1,91	0,00	54,3	73,69	0,00	73,69	0,52	15,3	58,4
219	G45 - G47	49,0254	0,2	1,87	1,89	2,02	2,04	0,02	49,1	79,29	0,37	79,66	1,54	18,1	61,6
220	G46 - G47	52,0542	0,11	1,66	1,66	1,81	1,81	0,00	52,1	66,94	0,00	66,94	0,49	14,7	52,3
221	G47 - G49	22,4777	0,125	1,90	1,90	2,05	2,05	0,00	22,6	33,46	0,00	33,46	0,28	6,7	26,8
222	G48 - G49	53,6813	0,11	1,74	1,74	1,89	1,89	0,00	53,7	72,00	0,00	72,00	0,51	15,1	56,9
223	G49 - H39	10,1502	0,11	1,89	1,89	2,04	2,04	0,00	10,4	15,00	0,00	15,00	0,10	2,9	12,1
224	H1 - H3	110,4692	0,11	0,76	0,97	0,91	1,12	0,21	110,5	71,38	8,13	79,50	1,05	31,1	48,4
225	H2 - H3	81,0889	0,11	0,76	0,89	0,91	1,04	0,13	81,1	52,39	3,77	56,16	0,77	22,8	33,3
226	H3 - H5	10,881	0,11	0,97	0,97	1,12	1,12	0,00	10,9	8,70	0,00	8,70	0,10	3,1	5,6
227	H4 - H5	90,3691	0,11	0,86	0,96	1,01	1,11	0,10	90,4	64,81	3,37	68,17	0,86	25,4	42,7
228	H5 - H7	87,3846	0,11	0,97	0,97	1,12	1,12	0,00	87,4	69,49	0,00	69,49	0,83	24,6	44,9
229	H6 - H7	157,1277	0,11	0,86	0,86	1,01	1,01	0,00	157,1	112,68	0,00	112,68	1,49	44,2	68,4
230	H7 - H9	20,4804	0,14	0,97	0,99	1,12	1,14	0,02	20,5	17,00	0,14	17,14	0,32	6,4	10,8
231	H8 - H9	74,1733	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	74,2	47,93	0,00	47,93	0,70	20,9	27,0
232	H9 - H11	101,1849	0,2	0,99	1,01	1,14	1,16	0,02	101,2	92,29	0,87	93,15	3,18	37,3	55,9
233	H10 - H11	62,5657	0,11	0,76	0,84	0,91	0,99	0,08	62,6	40,43	1,84	42,26	0,59	17,6	24,6
234	H11 - H13	69,6448	0,125	1,02	1,02	1,17	1,17	0,00	69,7	58,83	0,00	58,83	0,85	20,6	38,2
235	H12 - H13	60,8327	0,11	0,86	0,86	1,01	1,01	0,00	60,8	43,63	0,00	43,63	0,58	17,1	26,5
236	H13 - H15	21,9834	0,11	1,01	1,01	1,16	1,16	0,00	22,0	18,13	0,00	18,13	0,21	6,2	11,9
237	H14 - H15	62,2887	0,11	0,86	0,86	1,01	1,01	0,00	62,3	44,67	0,00	44,67	0,59	17,5	27,1
238	H' - H"	67,8358	0,11	0,86	0,86	1,01	1,01	0,00	67,8	48,65	0,00	48,65	0,64	19,1	29,5
239	H15 - H"	22,8251	0,11	1,01	1,01	1,16	1,16	0,00	22,9	18,82	0,00	18,82	0,22	6,4	12,4

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman Pipa		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II		m3	m3	m3
240	H16 - H17	79,9486	0,11	0,86	0,86	1,01	1,01	0,00	80,0	57,34	0,00	57,34	0,76	22,5	34,8
241	H" - H17	19,0402	0,11	1,01	1,01	1,16	1,16	0,00	19,1	15,71	0,00	15,71	0,18	5,4	10,3
242	H17 - H19	21,1715	0,125	1,02	1,02	1,17	1,17	0,00	21,2	17,91	0,00	17,91	0,26	6,3	11,6
243	H18 - H19	83,7645	0,11	1,00	1,00	1,15	1,15	0,00	83,8	68,40	0,00	68,40	0,80	23,6	44,8
244	H19 - H21	21,9202	0,125	1,02	1,02	1,17	1,17	0,00	22,0	18,54	0,00	18,54	0,27	6,5	12,1
245	H20 - H21	86,3065	0,11	0,97	1,14	1,12	1,29	0,17	86,3	68,64	5,34	73,98	0,82	24,3	49,7
246	H22 - H23	86,1821	0,11	0,86	0,88	1,01	1,03	0,02	86,2	61,81	0,74	62,54	0,82	24,3	38,3
247	H21 - H23	23,4635	0,125	1,02	1,02	1,17	1,17	0,00	23,5	19,84	0,00	19,84	0,29	6,9	12,9
248	H23 - H25	28,5166	0,14	1,01	1,01	1,16	1,16	0,00	28,5	24,50	0,00	24,50	0,44	8,8	15,7
249	H24 - H25	87,248	0,11	0,86	0,86	1,01	1,01	0,00	87,3	62,57	0,00	62,57	0,83	24,6	38,0
250	H25 - H33	7,8552	0,125	1,02	1,02	1,17	1,17	0,00	7,9	6,71	0,00	6,71	0,10	2,3	4,4
251	H26 - H28	626,4226	0,125	0,78	0,78	0,93	0,93	0,00	626,4	420,10	0,00	420,10	7,68	185,3	234,8
252	H27 - H28	337,0772	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	337,1	217,79	0,00	217,79	3,20	94,9	122,9
253	H28 - H30	27,4427	0,11	0,77	0,77	0,92	0,92	0,00	27,5	17,94	0,00	17,94	0,26	7,7	10,2
254	H29 - H30	572,9575	0,2	0,85	0,85	1,00	1,00	0,00	573,0	458,37	0,00	458,37	17,99	211,2	247,2
255	H30 - H32	60,5171	0,25	0,90	0,90	1,05	1,05	0,00	60,5	54,02	0,00	54,02	2,97	25,3	28,7
256	H31 - H32	315,5785	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	315,6	203,90	0,00	203,90	3,00	88,9	115,0
257	H32 - H33	172,2533	0,2	0,90	0,90	1,05	1,05	0,00	172,3	144,70	0,00	144,70	5,41	63,5	81,2
258	H33 - H34	236,4077	0,35	1,01	1,01	1,16	1,16	0,00	236,4	260,52	0,00	260,52	22,73	123,2	137,3
259	H34 - H36	378,6578	0,4	1,05	1,05	1,20	1,20	0,00	378,7	454,39	0,00	454,39	47,56	217,5	236,9
260	H35 - H36	134,9996	0,11	0,76	1,02	0,91	1,17	0,26	135,0	87,23	12,51	99,73	1,28	38,0	61,7
261	H37 - H38	134,5122	0,11	0,76	0,98	0,91	1,13	0,22	134,5	86,91	10,49	97,40	1,28	37,9	59,5
262	H36 - H38	23,6758	0,4	1,05	1,05	1,20	1,20	0,00	23,7	28,45	0,00	28,45	2,97	13,6	14,8
263	H38 - H39	25,4595	0,3	1,05	1,05	1,20	1,20	0,00	25,5	27,53	0,00	27,53	1,80	11,9	15,6
264	H39 - H40	52,3049	0,3	1,89	1,89	2,04	2,04	0,00	52,3	96,10	0,00	96,10	3,70	24,5	71,6
265	H40 - H41 (IPAL)	10,1846	0,35	1,11	1,11	1,26	1,26	0,00	10,3	12,28	0,00	12,28	0,98	5,3	7,0
TOTAL												28271,05	578,72	8830,34	19440,72

Tabel BOQ Pekerjaan Galian dan Urugan *Cluster II*

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman Pipa		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II		m3	m3	m3
1	C1 - C3	83,8281	0,11	0,76	0,91	0,91	1,06	0,15	83,8	54,16	4,40	58,57	0,80	23,6	35,0
2	C2 - C3	45,6437	0,11	0,76	0,81	0,91	0,96	0,05	45,7	29,50	0,79	30,28	0,43	12,9	17,4
3	C3 - C5	105,0519	0,11	0,91	0,91	1,06	1,06	0,00	105,1	79,07	0,00	79,07	1,00	29,6	49,5
4	C4 - C5	68,4035	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	68,4	44,20	0,00	44,20	0,65	19,3	24,9
5	C5 - C7	68,187	0,11	0,91	0,91	1,06	1,06	0,00	68,2	51,32	0,00	51,32	0,65	19,2	32,1
6	C6 - C7	78,0275	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	78,0	50,42	0,00	50,42	0,74	22,0	28,4
7	C8 - D21	51,9686	0,11	0,76	0,96	0,91	1,11	0,20	52,0	33,58	3,60	37,18	0,49	14,6	22,5
8	C7 - C10	60,1974	0,11	0,91	0,91	1,06	1,06	0,00	60,2	45,31	0,00	45,31	0,57	17,0	28,4
9	C9 - C10	146,7409	0,11	0,76	2,14	0,91	2,29	1,38	146,7	94,81	71,97	166,78	1,39	41,3	125,5
10	C10 - D22	87,0065	0,125	2,15	2,15	2,30	2,30	0,00	87,0	144,82	0,00	144,82	1,07	25,7	119,1
11	C11 - C13	59,4958	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	59,5	38,44	0,00	38,44	0,57	16,8	21,7
12	C12 - C13	53,5128	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	53,5	34,58	0,00	34,58	0,51	15,1	19,5
13	C13 - D23	59,2631	0,11	0,76	0,86	0,91	1,01	0,10	59,3	38,29	2,19	40,48	0,56	16,7	23,8
14	C14 - C16	139,0502	0,11	0,76	0,96	0,91	1,11	0,20	139,1	89,84	9,95	99,79	1,32	39,2	60,6
15	C15 - C16	51,9839	0,11	0,76	0,88	0,91	1,03	0,12	52,0	33,59	2,13	35,72	0,49	14,6	21,1
16	C16 - D35	136,646	0,11	0,96	3,25	1,11	3,40	2,29	136,7	107,69	110,86	218,55	1,30	38,5	180,1
17	D1 - D3	130,1035	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	130,1	84,06	0,00	84,06	1,24	36,6	47,4
18	D2 - D3	100,0459	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	100,1	64,64	0,00	64,64	0,95	28,2	36,5
19	D3 - D5	27,9925	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	28,0	18,10	0,00	18,10	0,27	7,9	10,2
20	D4 - D5	101,415	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	101,4	65,53	0,00	65,53	0,96	28,6	37,0
21	D6 - D10	99,677	0,11	0,76	0,80	0,91	0,95	0,04	99,7	64,40	1,39	65,79	0,95	28,1	37,7
22	D7 - D9	60,3823	0,11	0,76	0,84	0,91	0,99	0,08	60,4	39,02	1,65	40,67	0,57	17,0	23,7
23	D8 - D9	40,053	0,11	0,76	0,78	0,91	0,93	0,02	40,1	25,88	0,34	26,23	0,38	11,3	14,9
24	D9 - D10	20,9987	0,11	0,84	0,84	0,99	0,99	0,00	21,0	14,78	0,00	14,78	0,20	5,9	8,9
25	D10 - D11	94,1594	0,11	0,84	0,93	0,99	1,08	0,09	94,2	66,19	3,17	69,36	0,89	26,5	42,8
26	D11 - D13	26,8427	0,11	0,93	0,94	1,08	1,09	0,01	26,9	20,60	0,09	20,69	0,25	7,6	13,1
27	D12 - D13	174,281	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	174,3	112,60	0,00	112,60	1,66	49,1	63,5
28	D13 - D14	29,9711	0,11	0,94	0,94	1,09	1,09	0,00	30,0	23,21	0,00	23,21	0,28	8,4	14,8
29	D5 - D14	227,6594	0,125	0,78	0,81	0,93	0,96	0,03	227,7	152,68	2,77	155,45	2,79	67,4	88,1

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman Pipa		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II		m3	m3	m3
30	D15 - D16	137,843	0,11	0,76	1,04	0,91	1,19	0,28	137,8	89,06	13,62	102,69	1,31	38,8	63,9
31	D14 - D16	26,5054	0,14	0,79	0,79	0,94	0,94	0,00	26,5	18,45	0,00	18,45	0,41	8,2	10,2
32	D16 - D20	114,6599	0,14	1,04	1,04	1,19	1,19	0,00	114,7	100,97	0,00	100,97	1,76	35,6	65,4
33	D17 - D19	131,268	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	131,3	84,81	0,00	84,81	1,25	37,0	47,8
34	D18 - D19	100,285	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	100,3	64,80	0,00	64,80	0,95	28,2	36,6
35	D19 - D20	29,7392	0,11	0,76	0,83	0,91	0,98	0,07	29,8	19,22	0,71	19,93	0,28	8,4	11,6
36	D20 - D21	187,682	0,2	1,04	1,04	1,19	1,19	0,00	187,7	178,68	0,00	178,68	5,89	69,2	109,5
37	D21 - D22	50,0862	0,11	1,04	1,04	1,19	1,19	0,00	50,1	42,33	0,00	42,33	0,48	14,1	28,2
38	D22 - D23	50,8766	0,11	2,14	2,14	2,29	2,29	0,00	50,9	82,80	0,00	82,80	0,48	14,3	68,5
39	D24 - D26	119,3387	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	119,3	77,11	0,00	77,11	1,13	33,6	43,5
40	D25 - D26	85,0419	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	85,0	54,95	0,00	54,95	0,81	23,9	31,0
41	D26 - D27	215,1535	0,11	0,76	0,76	0,91	0,91	0,00	215,2	139,01	0,00	139,01	2,04	60,6	78,4
42	D23 - D27	7,3162	0,2	2,14	2,14	2,29	2,29	0,00	7,7	14,04	0,00	14,04	0,23	2,7	11,3
43	D28 - D32	229,379	0,11	0,96	0,96	1,11	1,11	0,00	229,4	180,78	0,00	180,78	2,18	64,6	116,2
44	D29 - D31	182,3334	0,11	0,96	0,96	1,11	1,11	0,00	182,3	143,70	0,00	143,70	1,73	51,3	92,4
45	D30 - D31	110,8313	0,11	0,76	1,07	0,91	1,22	0,31	110,8	71,61	12,12	83,74	1,05	31,2	52,5
46	D31 - D32	27,3223	0,11	1,07	1,11	1,22	1,26	0,04	27,3	23,69	0,40	24,09	0,26	7,7	16,4
47	D32 - D34	106,2582	0,11	1,11	1,11	1,26	1,26	0,00	106,3	95,07	0,00	95,07	1,01	29,9	65,1
48	D33 - D34	231,9259	0,11	0,96	0,96	1,11	1,11	0,00	231,9	182,78	0,00	182,78	2,20	65,3	117,5
49	D34 - D35	25,0705	0,11	1,11	1,11	1,26	1,26	0,00	25,1	22,46	0,00	22,46	0,24	7,1	15,4
50	D27 - D35	91,6765	0,2	2,14	2,14	2,29	2,29	0,00	91,7	168,00	0,00	168,00	2,88	33,8	134,2
51	D35 - D36 (IPAL)	201,5132	0,2	2,14	2,14	2,29	2,29	0,00	201,5	369,20	0,00	369,20	6,33	74,3	294,9
TOTAL												4187,00	58,85	1428,22	2758,78

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Tabel Analisa HSPK SPAL

No	Uraian Kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Pembongkaran Paving Dipakai Kembali (m2)				
	Upah				
	Mandor	0,02	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 3.420,00
	Tenaga Kasar	0,04	orang/hari	Rp 145.000,00	Rp 5.800,00
	Jumlah				Rp 9.220,00
	Nilai HSPK				Rp 9.220,00
2	Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi (m2)				
	Upah				
	Mandor	0,025	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 4.275,00
	Pembantu Tukang	0,75	orang/hari	Rp 145.000,00	Rp 108.750,00
	Jumlah				Rp 113.025,00
	Nilai HSPK				Rp 113.025,00
3	Pengurugan Pasir (m3)				
	Bahan				
	Pasir Urug	1,2	m3	Rp 177.000,00	Rp 212.400,00
	Jumlah				Rp 212.400,00
	Upah				
	Mandor	0,01	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 1.710,00
	Pembantu Tukang	0,3	orang/hari	Rp 145.000,00	Rp 43.500,00
	Jumlah				Rp 45.210,00
	Nilai HSPK				Rp 257.610,00
4	Penggalian Tanah Kembali Untuk Konstruksi (m3)				
	Upah				
	Mandor	0,05	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 8.550,00
	Pembantu Tukang	0,5	orang/hari	Rp 145.000,00	Rp 72.500,00
	Jumlah				Rp 81.050,00
	Nilai HSPK				Rp 81.050,00
5	Pengangkutan Tanah Keluar Proyek (m3)				
	Sewa Peralatan				
	Sewa Dump Truk 5 Ton	0,25	Jam	Rp 70.000,00	Rp 17.500,00
	Jumlah				Rp 17.500,00
	Upah				
	Pembantu Tukang	0,25	orang/hari	Rp 145.000,00	Rp 36.250,00
	Jumlah				Rp 36.250,00
	Nilai HSPK				Rp 53.750,00
6	Pemasangan Pipa Air Limbah Diameter 4"				
	Bahan				
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 4" panjang 4m	0,3	Buah	Rp 91.933,00	Rp 27.579,90
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 4" panjang 4m	0,105	Batang	Rp 91.933,00	Rp 9.652,97
	Jumlah				Rp 37.232,87
	Upah				
	Mandor	0,0041	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 701,10
	Kepala Tukang	0,0135	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 2.308,50
	Tukang	0,135	orang/hari	Rp 156.000,00	Rp 21.060,00
	Pembantu Tukang	0,081	orang/hari	Rp 145.000,00	Rp 11.745,00
	Jumlah				Rp 35.814,60
	Nilai HSPK				Rp 73.047,47

No	Uraian Kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
7	Pemasangan Pipa Air Limbah Diameter 5"				
	Bahan				
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 5" panjang 6m	0,3	Buah	Rp 395.700,00	Rp 118.710,00
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 5" panjang 6m	0,105	Batang	Rp 395.700,00	Rp 41.548,50
	Jumlah				Rp 160.258,50
	Upah				
	Mandor	0,0041	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 701,10
	Kepala Tukang	0,0135	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 2.308,50
	Tukang	0,135	orang/hari	Rp 156.000,00	Rp 21.060,00
	Pembantu Tukang	0,081	orang/hari	Rp 145.000,00	Rp 11.745,00
	Jumlah				Rp 35.814,60
	Nilai HSPK				Rp 196.073,10
8	Pemasangan Pipa Air Limbah Diameter 6"				
	Bahan				
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 6" panjang 6m	0,3	Batang	Rp 574.300,00	Rp 172.290,00
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 6" panjang 6m	0,105	Batang	Rp 574.300,00	Rp 60.301,50
	Jumlah				Rp 232.591,50
	Upah				
	Mandor	0,0041	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 701,10
	Kepala Tukang	0,0135	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 2.308,50
	Tukang	0,135	orang/hari	Rp 156.000,00	Rp 21.060,00
	Pembantu Tukang	0,081	orang/hari	Rp 145.000,00	Rp 11.745,00
	Jumlah				Rp 35.814,60
	Nilai HSPK				Rp 268.406,10
9	Pemasangan Pipa Air Limbah Diameter 8"				
	Bahan				
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 8" panjang 6m	0,3	Buah	Rp 731.200,00	Rp 219.360,00
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 8" panjang 6m	0,105	Batang	Rp 731.200,00	Rp 76.776,00
	Jumlah				Rp 296.136,00
	Upah				
	Mandor	0,0041	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 701,10
	Kepala Tukang	0,0135	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 2.308,50
	Tukang	0,135	orang/hari	Rp 156.000,00	Rp 21.060,00
	Pembantu Tukang	0,081	orang/hari	Rp 145.000,00	Rp 11.745,00
	Jumlah				Rp 35.814,60
	Nilai HSPK				Rp 331.950,60
10	Pemasangan Pipa Air Limbah Diameter 10"				
	Bahan				
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 10" panjang 6m	0,3	Buah	Rp 845.300,00	Rp 253.590,00
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 10" panjang 6m	0,105	Batang	Rp 845.300,00	Rp 88.756,50
	Jumlah				Rp 342.346,50
	Upah				
	Mandor	0,0041	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 701,10
	Kepala Tukang	0,0135	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 2.308,50
	Tukang	0,135	orang/hari	Rp 156.000,00	Rp 21.060,00
	Pembantu Tukang	0,081	orang/hari	Rp 145.000,00	Rp 11.745,00
	Jumlah				Rp 35.814,60

No	Uraian Kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Nilai HSPK				Rp 378.161,10
11	Pemasangan Pipa Air Limbah Diameter 12"				
	Bahan				
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 12" panjang 6m	0,3	Buah	Rp 937.400,00	Rp 281.220,00
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 12" panjang 6m	0,105	Batang	Rp 937.400,00	Rp 98.427,00
	Jumlah				Rp 379.647,00
	Upah				
	Mandor	0,0041	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 701,10
	Kepala Tukang	0,0135	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 2.308,50
	Tukang	0,135	orang/hari	Rp 156.000,00	Rp 21.060,00
	Pembantu Tukang	0,081	orang/hari	Rp 145.000,00	Rp 11.745,00
	Jumlah				Rp 35.814,60
	Nilai HSPK				Rp 415.461,60
12	Pemasangan Pipa Air Limbah Diameter 14"				
	Bahan				
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 14" panjang 6m	0,3	Buah	Rp 1.012.700,00	Rp 303.810,00
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 14" panjang 6m	0,105	Batang	Rp 1.012.700,00	Rp 106.333,50
	Jumlah				Rp 410.143,50
	Upah				
	Mandor	0,0041	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 701,10
	Kepala Tukang	0,0135	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 2.308,50
	Tukang	0,135	orang/hari	Rp 156.000,00	Rp 21.060,00
	Pembantu Tukang	0,081	orang/hari	Rp 145.000,00	Rp 11.745,00
	Jumlah				Rp 35.814,60
	Nilai HSPK				Rp 445.958,10
13	Pemasangan Pipa Air Limbah Diameter 16"				
	Bahan				
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 16" panjang 6m	0,3	Buah	Rp 1.178.200,00	Rp 353.460,00
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 16" panjang 6m	0,105	Batang	Rp 1.178.200,00	Rp 123.711,00
	Jumlah				Rp 477.171,00
	Upah				
	Mandor	0,0041	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 701,10
	Kepala Tukang	0,0135	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 2.308,50
	Tukang	0,135	orang/hari	Rp 156.000,00	Rp 21.060,00
	Pembantu Tukang	0,081	orang/hari	Rp 145.000,00	Rp 11.745,00
	Jumlah				Rp 35.814,60
	Nilai HSPK				Rp 512.985,60
14	Pemasangan Pipa Air Limbah Diameter 18"				
	Bahan				
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 18" panjang 6m	0,3	Buah	Rp 1.378.300,00	Rp 413.490,00
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 18" panjang 6m	0,105	Batang	Rp 1.378.300,00	Rp 144.721,50
	Jumlah				Rp 558.211,50
	Upah				
	Mandor	0,0041	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 701,10
	Kepala Tukang	0,0135	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 2.308,50
	Tukang	0,135	orang/hari	Rp 156.000,00	Rp 21.060,00
	Pembantu Tukang	0,081	orang/hari	Rp 145.000,00	Rp 11.745,00

No	Uraian Kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Jumlah				Rp 35.814,60
	Nilai HSPK				Rp 594.026,10
15	Pengurugan Pasir Untuk Paving (m3)				
	Bahan				
	Pasir Urug	1,2	m3	Rp 177.000,00	Rp 212.400,00
	Jumlah				Rp 212.400,00
	Upah				
	Mandor	0,01	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 1.710,00
	Pembantu Tukang	0,3	orang/hari	Rp 145.000,00	Rp 43.500,00
	Jumlah				Rp 45.210,00
	Nilai HSPK				Rp 257.610,00
16	Pemasangan Paving Stone (Blok) Tebal 6 cm Abu-Abu Empat Persegi Panjang (m2)				
	Bahan				
	Paving Stone Abu-Abu Persegi Panjang Tebal 6 cm	1,01	m2	Rp 80.000,00	Rp 80.800,00
	Jumlah				Rp 80.800,00
	Upah				
	Kepala Tukang	0,05	orang/hari	Rp 171.000,00	Rp 8.550,00
	Tukang	0,5	orang/hari	Rp 156.000,00	Rp 78.000,00
	Pembantu Tukang	0,5	orang/hari	Rp 145.000,00	Rp 72.500,00
	Jumlah				Rp 159.050,00
	Nilai HSPK				Rp 239.850,00

Tabel Analisa HSPK IPAL Sumur Pengumpul, Bak Distribusi, Bak Penyeduh Kaporit, Bak Pembubuh Kaporit dan Bak Kontak

No	Analisis	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi (m³)				
	Upah:				
	Mandor	0,025	O.H	Rp 171.000,00	Rp 4.275,00
	Pembantu Tukang	0,75	O.H	Rp 145.000,00	Rp 108.750,00
				Jumlah:	Rp 113.025,00
				Nilai HSPK :	Rp 113.025,00
2	Pengurugan Pasir (PADAT) (m³)				
	Upah:				
	Mandor	0,01	O.H	Rp 171.000,00	Rp 1.710,00
	Pembantu Tukang	0,3	O.H	Rp 145.000,00	Rp 43.500,00
	Bahan:			Jumlah:	Rp 45.210,00
	Pasir Urug	1,2	M3	Rp 177.000,00	Rp 212.400,00
				Jumlah:	Rp 212.400,00
				Nilai HSPK :	Rp 257.610,00
3	Pekerjaan Beton K-225 (m³)				
	Upah:				
	Mandor	0,083	O.H	Rp 171.000,00	Rp 14.193,00
	Kepala Tukang Batu	0,028	O.H	Rp 171.000,00	Rp 4.788,00
	Tukang Batu	0,275	O.H	Rp 145.000,00	Rp 39.875,00
	Pembantu Tukang	1,65	O.H	Rp 145.000,00	Rp 239.250,00
	Bahan:			Jumlah:	Rp 298.106,00
	Semen PC 40 Kg	9,6	Zak	Rp 58.500,00	Rp 561.600,00
	Pasir Cor	0,43	M3	Rp 272.500,00	Rp 117.175,00
	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,54	M3	Rp 278.000,00	Rp 150.120,00
	Air Kerja	215	Liter	Rp 6,00	Rp 1.290,00
				Jumlah:	Rp 830.185,00
				Nilai HSPK :	Rp 1.128.291,00
4	Pengurugan Tanah Kembali untuk Konstruksi (m³)				
	Upah:				
	Mandor	0,019	O.H	Rp 171.000,00	Rp 3.249,00
	Pembantu Tukang	0,102	O.H	Rp 145.000,00	Rp 14.790,00
				Jumlah:	Rp 18.039,00
				Nilai HSPK :	Rp 18.039,00
5	Pekerjaan Pembesian dengan besi beton (polos/ulir) (Kg)				
	Upah:				
	Mandor	0,0004	O.H	Rp 171.000,00	Rp 68,40

No	Analisis	Koef	Satuan	Harga Satuan		Harga	
	Kepala Tukang Besi	0,0007	O.H	Rp	171.000,00	Rp	119,70
	Tukang Besi	0,007	O.H	Rp	156.000,00	Rp	1.092,00
	Pembantu Tukang	0,007	O.H	Rp	145.000,00	Rp	1.015,00
	Bahan:			Jumlah:		Rp	2.295,10
	Besi Beton Polos	1,05	Kg	Rp	13.500,00	Rp	14.175,00
	Kawat Beton	0,01	Kg	Rp	26.900,00	Rp	269,00
				Jumlah:		Rp	14.444,00
				Nilai HSPK :		Rp	16.739,10
6	Pekerjaan Bekisting (m²)						
	Upah:						
	Mandor	0,026	O.H	Rp	171.000,00	Rp	4.446,00
	Kepala Tukang kayu	0,026	O.H	Rp	171.000,00	Rp	4.446,00
	Tukang Kayu	0,26	O.H	Rp	156.000,00	Rp	40.560,00
	Pembantu Tukang	0,52	O.H	Rp	145.000,00	Rp	75.400,00
	Bahan:			Jumlah:		Rp	124.852,00
	Paku Usuk	0,3	Kg	Rp	14.800,00	Rp	4.440,00
	Kayu Meranti Bekisting	0,045	M3	Rp	3.350.400,00	Rp	150.768,00
	Minyak Bekisting	0,1	Liter	Rp	30.100,00	Rp	3.010,00
				Jumlah:		Rp	158.218,00
				Nilai HSPK :		Rp	283.070,00
7	Pemasangan Pipa Air Limbah Diameter 4"						
	Bahan						
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 4" panjang 4m	0,3	Buah	Rp	91.933,00	Rp	27.579,90
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 4" panjang 4m	0,105	Batang	Rp	91.933,00	Rp	9.652,97
	Jumlah					Rp	37.232,87
	Upah						
	Mandor	0,0041	orang/hari	Rp	171.000,00	Rp	701,10
	Kepala Tukang	0,0135	orang/hari	Rp	171.000,00	Rp	2.308,50
	Tukang	0,135	orang/hari	Rp	156.000,00	Rp	21.060,00
	Pembantu Tukang	0,081	orang/hari	Rp	145.000,00	Rp	11.745,00
	Jumlah					Rp	35.814,60
	Nilai HSPK					Rp	73.047,47
8	Pemasangan Pipa Air Limbah Diameter 6"						
	Bahan						
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 6" panjang 6m	0,3	Batang	Rp	574.300,00	Rp	172.290,00
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 6" panjang 6m	0,105	Batang	Rp	574.300,00	Rp	60.301,50
	Jumlah					Rp	232.591,50
	Upah						
	Mandor	0,0041	orang/hari	Rp	171.000,00	Rp	701,10

No	Analisis	Koef	Satuan	Harga Satuan		Harga	
	Kepala Tukang	0,0135	orang/hari	Rp	171.000,00	Rp	2.308,50
	Tukang	0,135	orang/hari	Rp	156.000,00	Rp	21.060,00
	Pembantu Tukang	0,081	orang/hari	Rp	145.000,00	Rp	11.745,00
	Jumlah					Rp	35.814,60
	Nilai HSPK					Rp	268.406,10
9	Pemasangan Pipa Air Limbah Diameter 10"						
	Bahan						
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 10" panjang 6m	0,3	Buah	Rp	845.300,00	Rp	253.590,00
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 10" panjang 6m	0,105	Batang	Rp	845.300,00	Rp	88.756,50
	Jumlah					Rp	342.346,50
	Upah						
	Mandor	0,0041	orang/hari	Rp	171.000,00	Rp	701,10
	Kepala Tukang	0,0135	orang/hari	Rp	171.000,00	Rp	2.308,50
	Tukang	0,135	orang/hari	Rp	156.000,00	Rp	21.060,00
	Pembantu Tukang	0,081	orang/hari	Rp	145.000,00	Rp	11.745,00
	Jumlah					Rp	35.814,60
	Nilai HSPK					Rp	378.161,10
10	Pemasangan Pipa Air Limbah Diameter 16"						
	Bahan						
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 16" panjang 6m	0,3	Buah	Rp	1.178.200,00	Rp	353.460,00
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk 16" panjang 6m	0,105	Batang	Rp	1.178.200,00	Rp	123.711,00
	Jumlah					Rp	477.171,00
	Upah						
	Mandor	0,0041	orang/hari	Rp	171.000,00	Rp	701,10
	Kepala Tukang	0,0135	orang/hari	Rp	171.000,00	Rp	2.308,50
	Tukang	0,135	orang/hari	Rp	156.000,00	Rp	21.060,00
	Pembantu Tukang	0,081	orang/hari	Rp	145.000,00	Rp	11.745,00
	Jumlah					Rp	35.814,60
	Nilai HSPK					Rp	512.985,60

Tabel Analisa HSPK IPAL ABR & AF

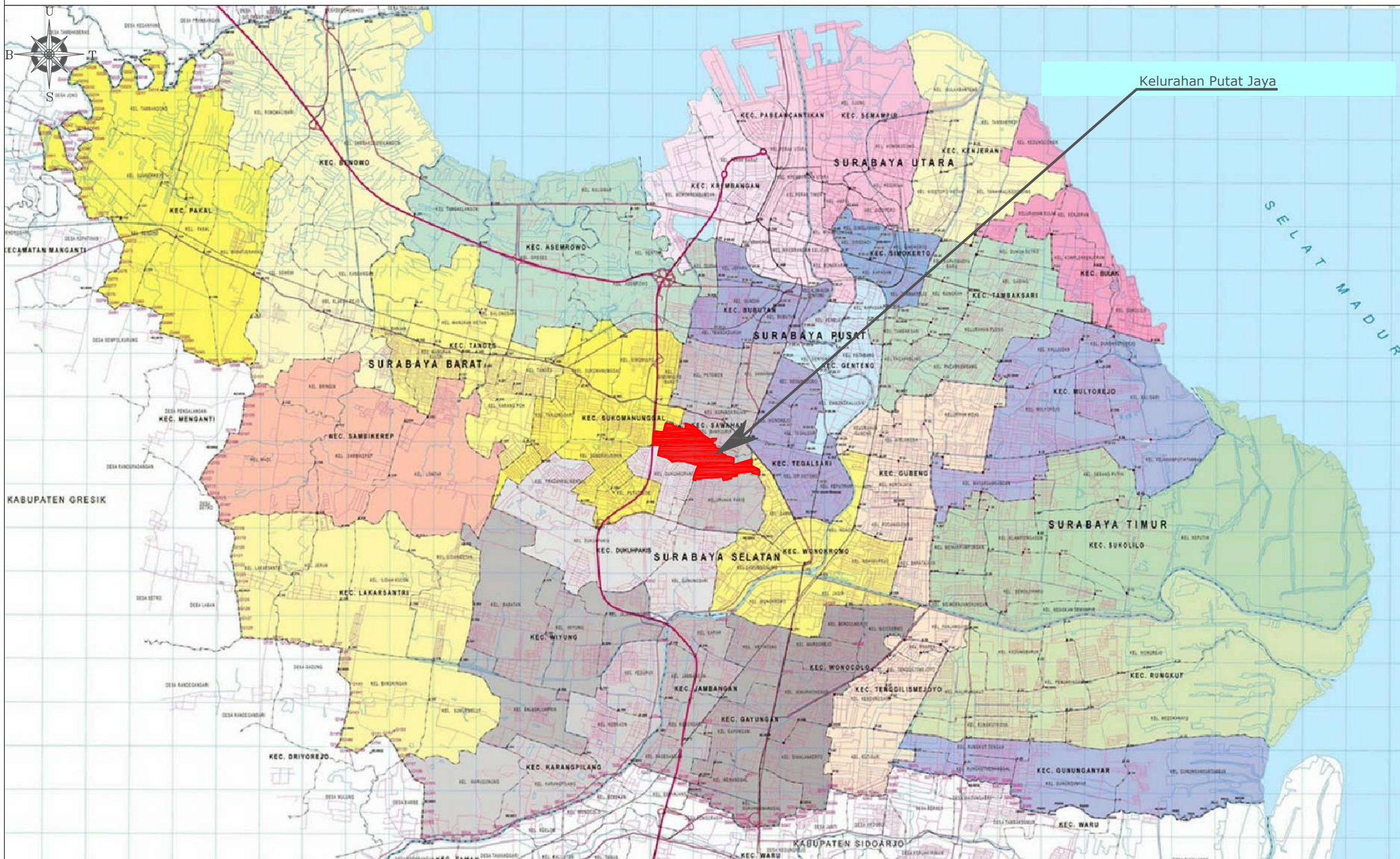
No	Uraian Kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi (m³)				
	Upah				
	Mandor	0,025	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 4.275,00
	Pembantu Tukang	0,75	org/hr	Rp 145.000,00	Rp 108.750,00
	Jumlah				Rp 113.025,00
	Nilai HSPK				Rp 113.025,00
2	Pengangkutan Tanah Dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1m (m³)				
	Upah				
	Mandor	0,0075	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 1.282,50
	Pembantu Tukang	0,15	org/hr	Rp 145.000,00	Rp 21.750,00
	Jumlah				Rp 23.032,50
	Nilai HSPK				Rp 23.032,50
3	Pengangkutan Tanah Keluar Proyek (m³)				
	Sewa Peralatan				
	Sewa Dump Truk 5 Ton	0,25	Jam	Rp 70.000,00	Rp 17.500,00
	Upah				
	Pembantu Tukang	0,25	org/hr	Rp 145.000,00	Rp 36.250,00
	Jumlah				Rp 36.250,00
	Nilai HSPK				Rp 53.750,00
4	Pemasangan (Sewa) Sheet Pile Baja (Tinggi = 6 m) untuk Pengaman Galian / Tebing Pekerjaan Beton K-250 (m³)				
	Bahan				
	Electrode Baja	0,2	Kg	Rp 33.600,00	Rp 6.720,00
	Gedeg Guling	2,5	m²	Rp 50.000,00	Rp 125.000,00
	Sewa Crane 30 Ton - Min 8 Jam (Termasuk Mob/Demob Operator BBM)	0,5712	Jam	Rp 139.800,00	Rp 79.853,76
	Jumlah				Rp 211.573,76
	Sewa Peralatan				
	Sewa Sheet Pile WF	319,5	m²	Rp 1.100,00	Rp 351.450,00
	Sewa Sheet Profile C	22,7	m²	Rp 1.100,00	Rp 24.970,00
	Jumlah				Rp 376.420,00
	Upah				
	Mandor	0,1	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 17.100,00
	Kepala Tukang	0,2	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 34.200,00
	Tukang	0,4	org/hr	Rp 156.000,00	Rp 62.400,00
	Tenaga Kasar	1	org/hr	Rp 145.000,00	Rp 145.000,00
	Jumlah				Rp 258.700,00
	Nilai HSPK				Rp 846.693,76
5	Pembuatan Blowplank / Titik (Titik)				
	Bahan Material				

No	Uraian Kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Paku Biasa 2" - 5"	0,05	Doz	Rp 29.100,00	Rp 1.455,00
	Kayu Meranti (Usuk 4/6, 5/7)	0,012	m³	Rp 4.188.000,00	Rp 50.256,00
	Kayu Meranti (Bekisting)	0,008	m³	Rp 3.350.000,00	Rp 26.800,00
	Jumlah				Rp 78.511,00
	Upah				
	Mandor	0,0045	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 769,50
	Kepala Tukang	0,01	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 1.710,00
	Tukang	0,1	org/hr	Rp 156.000,00	Rp 15.600,00
	Pembantu Tukang	0,1	org/hr	Rp 145.000,00	Rp 14.500,00
	Jumlah				Rp 32.579,50
	Nilai HSPK				Rp 111.090,50
6	Pemasangan Trucuk Bambu f 10 s/d 12 P.3m (Batang)				
	Bahan				
	Bambu Bongkotan dia. 10-12 P.3.00 m	1	Batang	Rp 23.900,00	Rp 23.900,00
	Jumlah				Rp 23.900,00
	Upah				
	Mandor	0,0025	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 427,50
	Tukang kayu	0,04	org/hr	Rp 156.000,00	Rp 6.240,00
	Pembantu Tukang	0,05	org/hr	Rp 145.000,00	Rp 7.250,00
	Jumlah				Rp 13.917,50
	Nilai HSPK				Rp 37.817,50
7	Pengurugan Pasir Padat (m³)				
	Bahan				
	Pasir Urug	1,2	m³	Rp 177.000,00	Rp 212.400,00
	Jumlah				Rp 212.400,00
	Upah				
	Mandor	0,01	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 1.710,00
	Pembantu Tukang	0,3	org/hr	Rp 145.000,00	Rp 43.500,00
	Jumlah				Rp 45.210,00
	Nilai HSPK				Rp 257.610,00
8	Lantai Kerja K-250 (m³)				
	Bahan				
	Semen PC 40 Kg	9,600	Zak	Rp 58.500,00	Rp 561.600,00
	Pasir Cor/Beton	0,4325	m³	Rp 272.500,00	Rp 117.856,25
	Batu Pecah Mesin 1/2 Cm	0,5468	m³	Rp 278.000,00	Rp 152.010,40
	Air (Biaya Air Tawar)	215	Liter	Rp 6,00	Rp 1.290,00
	Jumlah				Rp 754,37
	Upah				
	Mandor	0,08	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 13.680,00
	Kepala Tukang	0,02	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 3.420,00

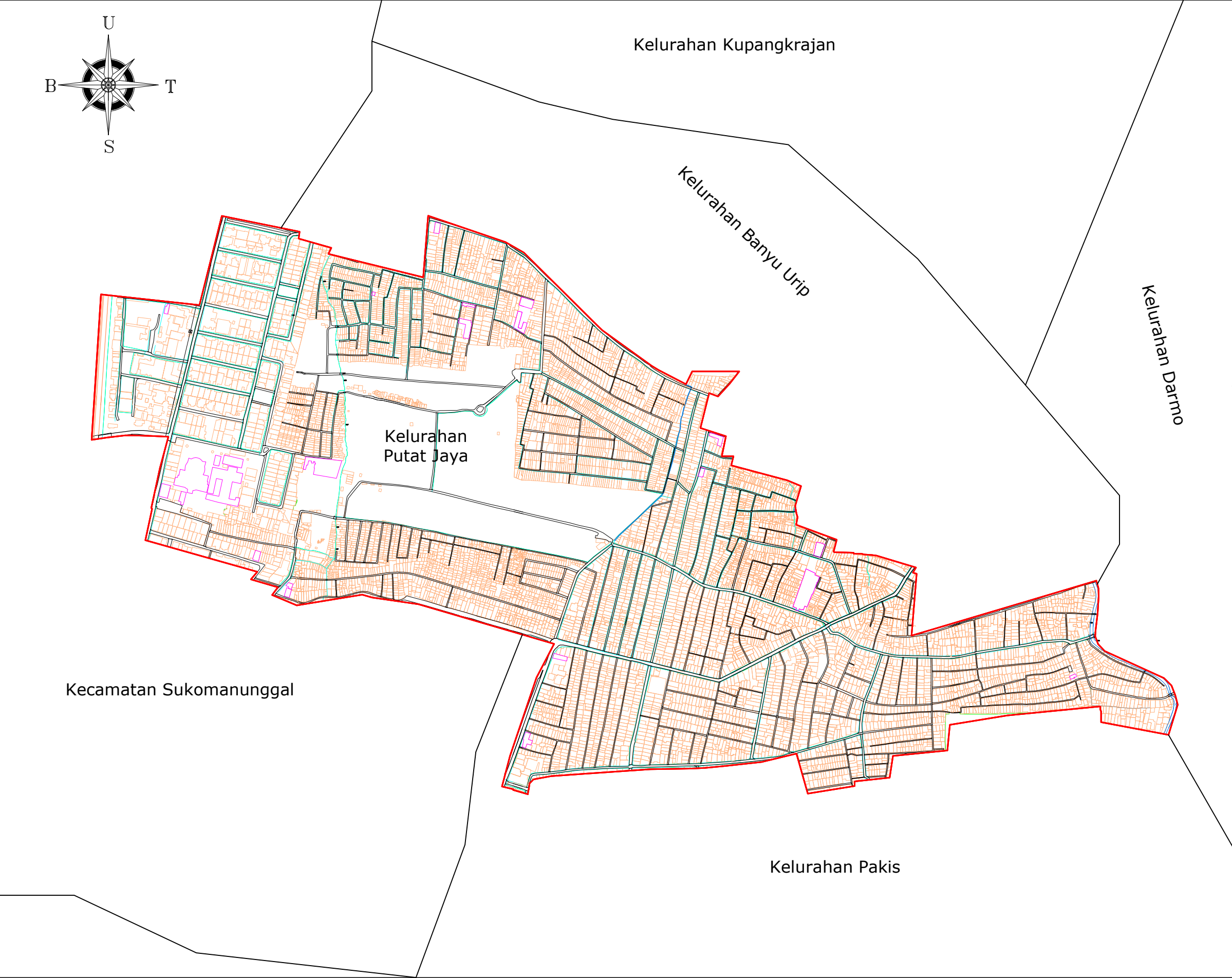
No	Uraian Kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Tukang	0,277	org/hr	Rp 156.000,00	Rp 43.212,00
	Pembantu Tukang	1,66	org/hr	Rp 145.000,00	Rp 240.700,00
	Jumlah				Rp 301.012,00
	Nilai HSPK				Rp 301.766,37
9	Pekerjaan Bekisting Lantai (m²)				
	Bahan				
	Paku Usuk	0,4	Kg	Rp 14.800,00	Rp 5.920,00
	Plywood uk. 122X244X9mm	0,35	Lembar	Rp 105.000,00	Rp 36.750,00
	Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0,015	m³	Rp 4.711.500,00	Rp 70.672,50
	Kayu Meranti Bekisting	0,04	m³	Rp 3.350.400,00	Rp 134.016,00
	Minyak Bekisting	0,2	Liter	Rp 30.100,00	Rp 6.020,00
	Jumlah				Rp 253.378,50
	Upah				
	Mandor	0,003	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 513,00
	Kepala Tukang	0,03	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 5.130,00
	Tukang	0,33	org/hr	Rp 156.000,00	Rp 51.480,00
	Pembantu Tukang	0,66	org/hr	Rp 145.000,00	Rp 95.700,00
	Jumlah				Rp 152.823,00
	Nilai HSPK				Rp 406.201,50
10	Pekerjaan Bekisting Dinding (m²)				
	Bahan				
	Paku Usuk	0,4	Kg	Rp 14.800,00	Rp 5.920,00
	Plywood uk. 122X244X9mm	0,35	Lembar	Rp 105.000,00	Rp 36.750,00
	Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0,02	m³	Rp 4.711.500,00	Rp 94.230,00
	Kayu Meranti Bekisting	0,03	m³	Rp 3.350.400,00	Rp 100.512,00
	Minyak Bekisting	0,2	Liter	Rp 30.100,00	Rp 6.020,00
	Jumlah				Rp 243.432,00
	Upah				
	Mandor	0,003	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 513,00
	Kepala Tukang	0,03	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 5.130,00
	Tukang	0,33	org/hr	Rp 156.000,00	Rp 51.480,00
	Pembantu Tukang	0,66	org/hr	Rp 145.000,00	Rp 95.700,00
	Jumlah				Rp 152.823,00
	Nilai HSPK				Rp 396.255,00
11	Pekerjaan Beton K-250 (m³)				
	Bahan				
	Semen PC 40 Kg	9,6	Zak	Rp 58.500,00	Rp 561.600,00
	Pasir Cor/Beton	0,4325	m³	Rp 272.500,00	Rp 117.856,25
	Batu Pecah Mesin 1/2 Cm	0,5468	m³	Rp 278.000,00	Rp 152.010,40

No	Uraian Kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Air Kerja	215	Liter	Rp 6,00	Rp 1.290,00
	Jumlah				Rp 832.756,65
	Upah				
	Mandor	0,0082	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 1.402,20
	Kepala Tukang	0,02	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 3.420,00
	Tukang	0,277	org/hr	Rp 156.000,00	Rp 43.212,00
	Pembantu Tukang	1,665	org/hr	Rp 145.000,00	Rp 241.425,00
	Jumlah				Rp 289.459,20
	Nilai HSPK				Rp 1.122.215,85
12	Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 2" (m)				
	Bahan				
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk. 2" panjang 4m	0,3	Batang	Rp 48.667,00	Rp 14.600,10
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk. 2" panjang 4m	0,105	Batang	Rp 48.667,00	Rp 5.110,04
	Jumlah				Rp 19.710,14
	Upah				
	Mandor	0,0027	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 461,70
	Kepala Tukang	0,009	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 1.539,00
	Tukang	0,09	org/hr	Rp 156.000,00	Rp 14.040,00
	Pembantu Tukang	0,054	org/hr	Rp 145.000,00	Rp 7.830,00
	Jumlah				Rp 23.870,70
	Nilai HSPK				Rp 43.580,84
13	Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 4" (m)				
	Bahan				
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk. 4" panjang 4m	0,3	Batang	Rp 91.933,00	Rp 27.579,90
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk. 4" panjang 4m	0,105	Batang	Rp 91.933,00	Rp 9.652,97
	Jumlah				Rp 37.232,87
	Upah				
	Mandor	0,0041	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 701,10
	Kepala Tukang	0,0136	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 2.325,60
	Tukang	0,136	org/hr	Rp 156.000,00	Rp 21.216,00
	Pembantu Tukang	0,08177	org/hr	Rp 145.000,00	Rp 11.856,65
	Jumlah				Rp 36.099,35
	Nilai HSPK				Rp 73.332,22
14	Pemasangan Aksesoris Pipa Air Kotor (buah)				
	Bahan				
	Pipa Vent 1.5"	3	buah	Rp 31.550,00	Rp 94.650,00
	Tee	2	buah	Rp 16.600,00	Rp 33.200,00
	Elbow	5	buah	Rp 3.100,00	Rp 15.500,00

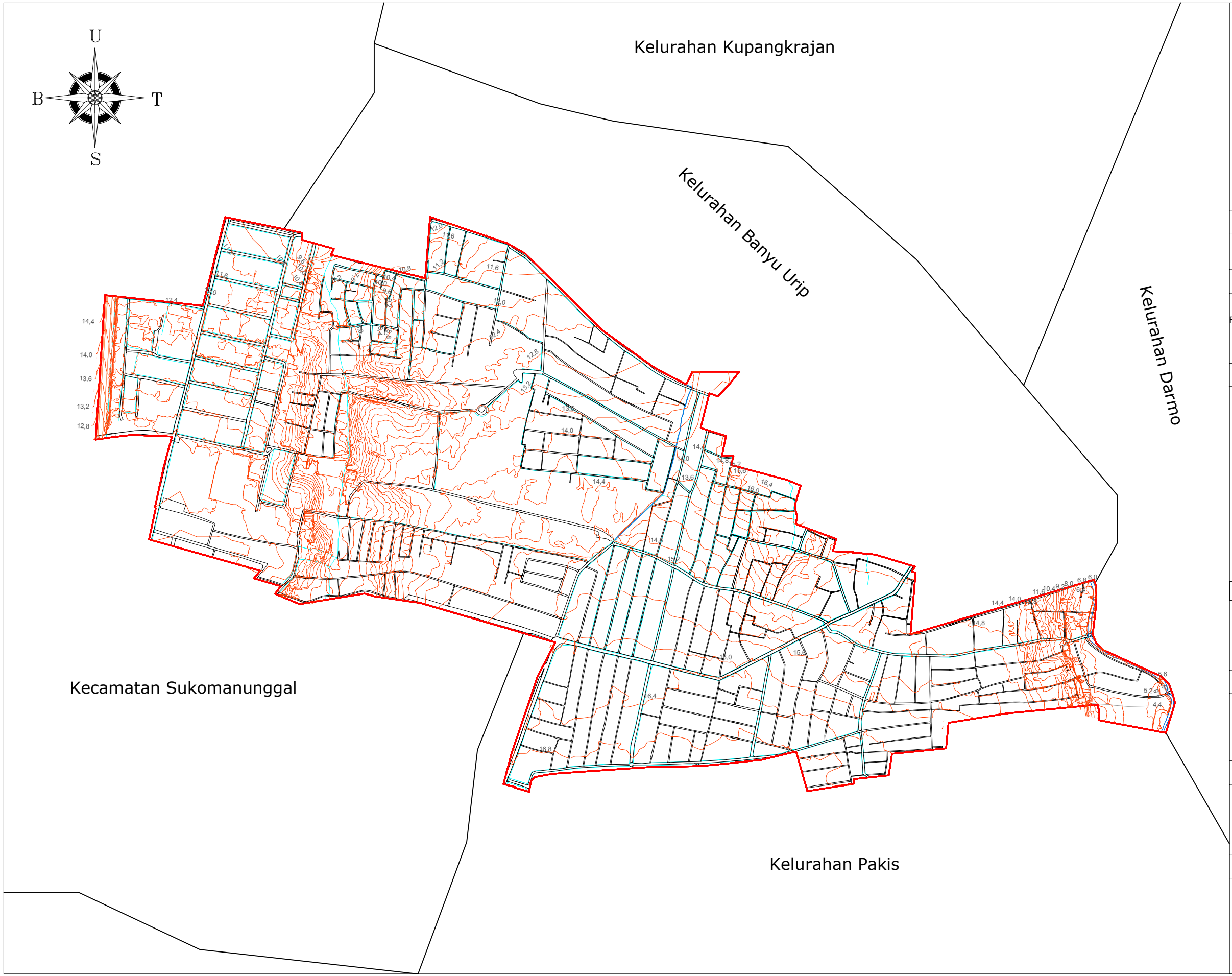
No	Uraian Kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Jumlah				Rp 143.350,00
	Upah				
	Mandor	0,02	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 3.420,00
	Tukang	0,08	org/hr	Rp 156.000,00	Rp 12.480,00
	Jumlah				Rp 15.900,00
	Nilai HSPK				Rp 159.250,00
15	Pemasangan Media Sarang Tawon Cluster I & II (buah)				
	Bahan				
	Media sarang tawon	1	m ³	Rp 750.000,00	Rp 750.000,00
	Jumlah				Rp 750.000,00
	Upah				
	Mandor	0,005	org/hr	Rp 171.000,00	Rp 855,00
	Tukang	0,01	org/hr	Rp 156.000,00	Rp 1.560,00
	Jumlah				Rp 2.415,00
	Nilai HSPK				Rp 752.415,00



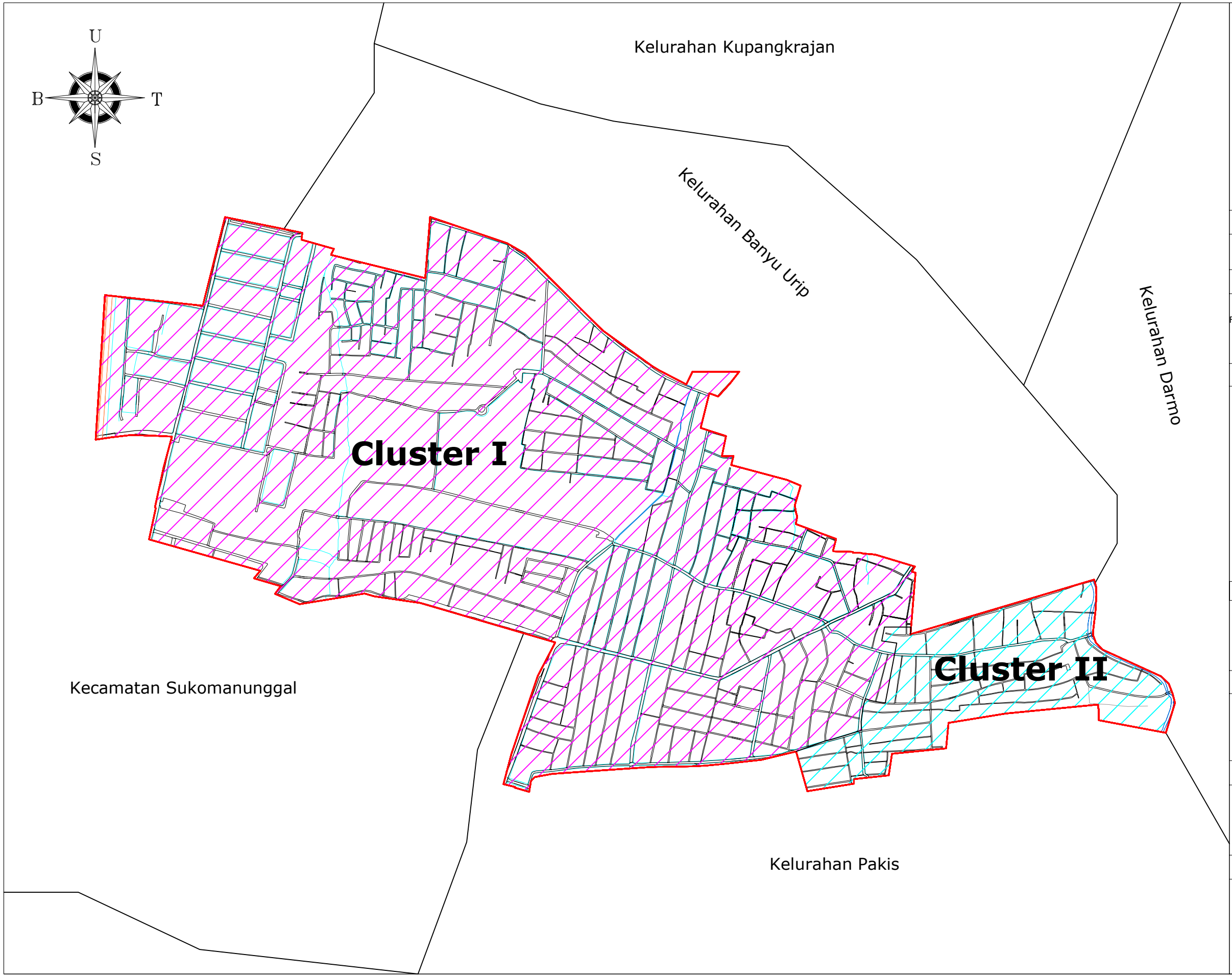
Judul Tugas	
Tugas Akhir Perencanaan	
Departemen	
Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	
Legenda	
Drafter	
Rizki Ismi'Raj Destio 03211440000048	
Dosen Pembimbing	
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.	
Judul Gambar	
Peta Surabaya	
Skala	No Gambar
1 : 80000	01



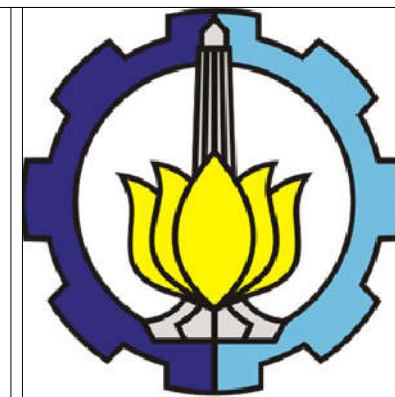
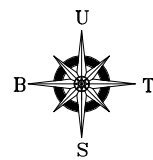
Judul Tugas	
Tugas Akhir Perencanaan	
Departemen	
Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	
Legenda	
<div><div></div> Batas Kelurahan</div> <div><div></div> Jalan</div> <div><div></div> Jalan Tol</div> <div><div></div> Saluran Drainase</div> <div><div></div> Sungai</div> <div><div></div> Rumah</div> <div><div></div> Gedung</div>	
Drafter	
Rizki Ismi'Raj Destio 03211440000048	
Dosen Pembimbing	
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.	
Judul Gambar	
Peta Kelurahan Putat Jaya	
Skala	No Gambar
1 : 8000	02



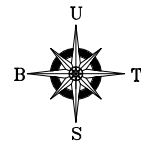
Judul Tugas	
Tugas Akhir Perencanaan	
Departemen	
Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	
Legenda	
<div><div></div> Batas Kelurahan</div> <div><div></div> Jalan</div> <div><div></div> Jalan Tol</div> <div><div></div> Saluran Drainase</div> <div><div></div> Sungai</div> <div><div></div> Kontur</div>	
Drafter	
Rizki Ismi'Raj Destio 03211440000048	
Dosen Pembimbing	
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.	
Judul Gambar	
Peta Kontur Kelurahan Putat Jaya	
Skala	No Gambar
1 : 8000	03



Judul Tugas	
Tugas Akhir Perencanaan	
Departemen	
Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	
Legenda	
<div><div></div> Batas Kelurahan</div> <div><div></div> Jalan</div> <div><div></div> Jalan Tol</div> <div><div></div> Saluran Drainase</div> <div><div></div> Sungai</div> <div><div></div> Kontur</div>	
Drafter	
Rizki Ismi'Raj Destio 03211440000048	
Dosen Pembimbing	
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.	
Judul Gambar	
Peta Pelayanan SPAL Kelurahan Putat Jaya	
Skala	No Gambar
1 : 8000	04



Judul Tugas	
Tugas Akhir Perencanaan	
Departemen	
Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	
Legenda	
<div><div></div> Batas Kelurahan</div> <div><div></div> Jalan</div> <div><div></div> Jalan Tol</div> <div><div></div> Jalur Pipa Tersier</div> <div><div></div> Jalur Pipa Sekunder</div> <div><div></div> Jalur Pipa Primer</div> <div><div></div> IPAL</div> <div><div></div> Manhole Lurus</div> <div><div></div> Manhole Belokan</div> <div><div></div> Manhole Pertigaan</div> <div><div></div> Manhole Perempatan</div> <div><div></div> Drop Manhole</div>	
Drafter	
Rizki Ismi'Raj Destio 03211440000048	
Dosen Pembimbing	
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.	
Judul Gambar	
Peta Jaringan SPAL Cluster I Kelurahan Putat Jaya	
Skala	No Gambar
1 : 2000	05



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda

- Batas Kelurahan
- Jalan
- Jalan Tol
- Jalur Pipa Tersier
- Jalur Pipa Sekunder
- Jalur Pipa Primer
- IPAL
- Manhole Lurus
- Manhole Belokan
- Manhole Pertigaan
- Manhole Perempatan
- Drop Manhole

Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

Peta Jaringan SPAL
Cluster I
Kelurahan Putat Jaya

Skala

1 : 2000

No Gambar

06

Kelurahan Putat Jaya
SPAL Cluster I

Kelurahan Banyu Urip

Kecamatan Sukomanunggal

Kelurahan Putat Jaya
SPAL Cluster II

Kelurahan Pakis



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda

- Batas Kelurahan
- Jalan
- Jalan Tol
- Jalur Pipa Tersier
- Jalur Pipa Sekunder
- Jalur Pipa Primer
- IPAL
- Manhole Lurus
- Manhole Belokan
- Manhole Pertigaan
- Manhole Perempatan
- Drop Manhole

Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

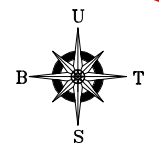
Peta Jaringan SPAL
Cluster II
Kelurahan Putat Jaya

Skala

1 : 1500

No Gambar

07

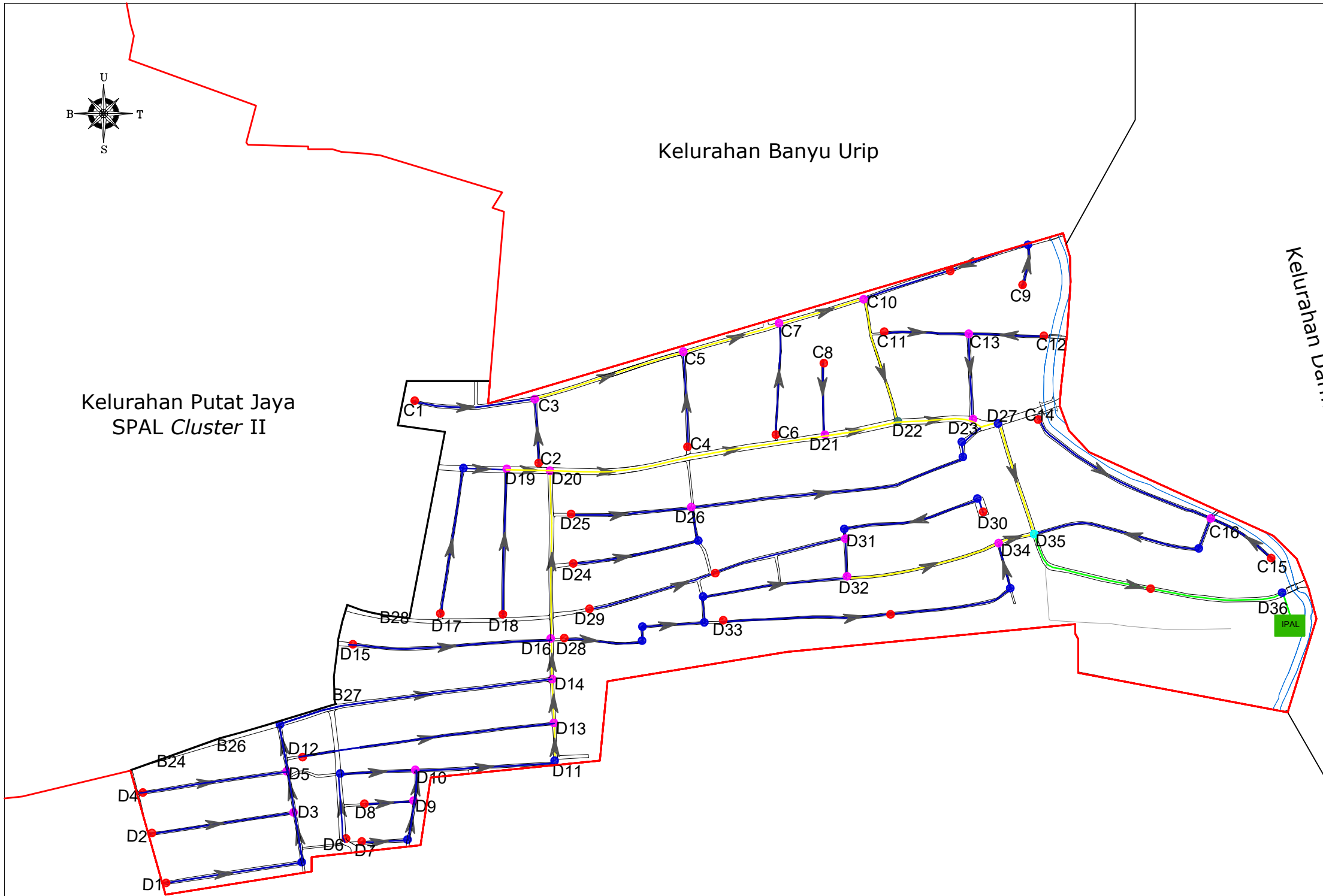


Kelurahan Putat Jaya
SPAL Cluster II

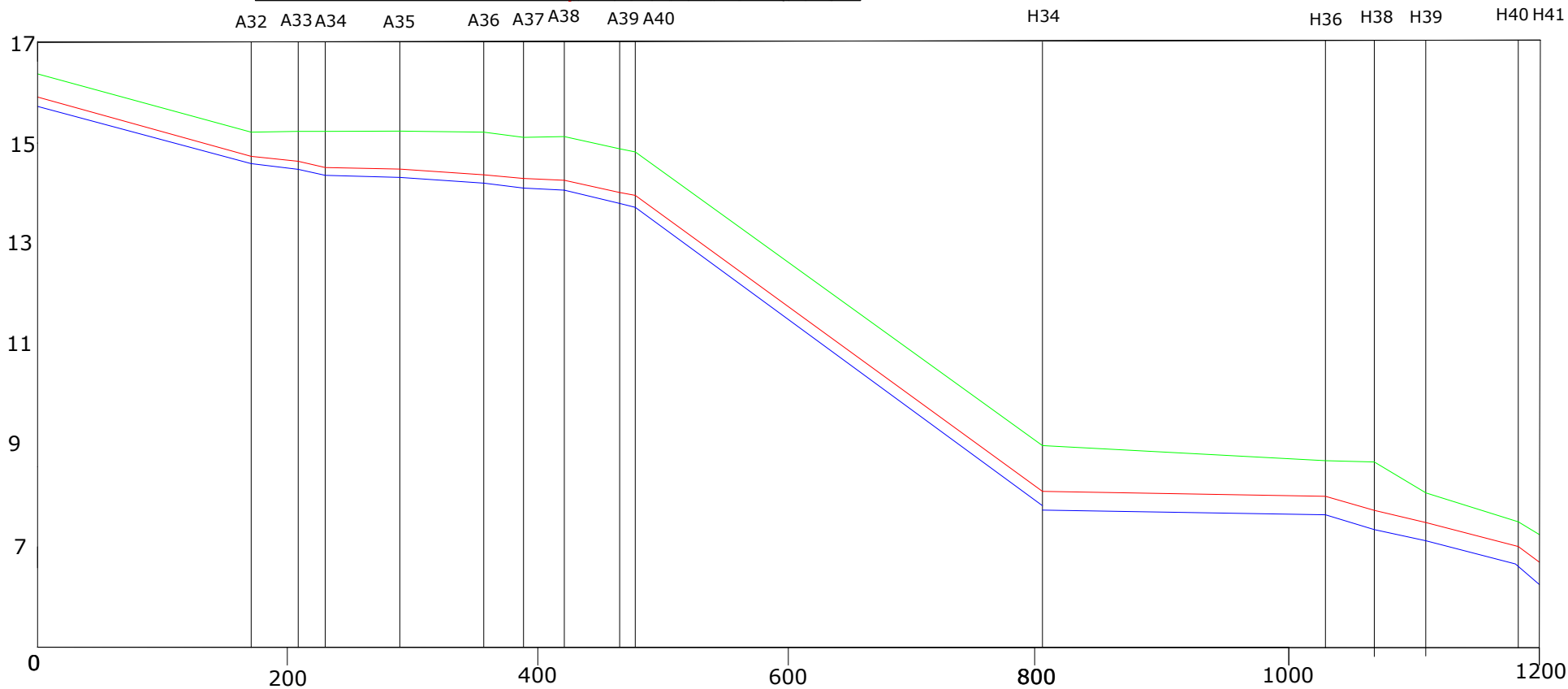
Kelurahan Banyu Urip

Kelurahan Darmo

Kelurahan Pakis



Jalur A31-H41

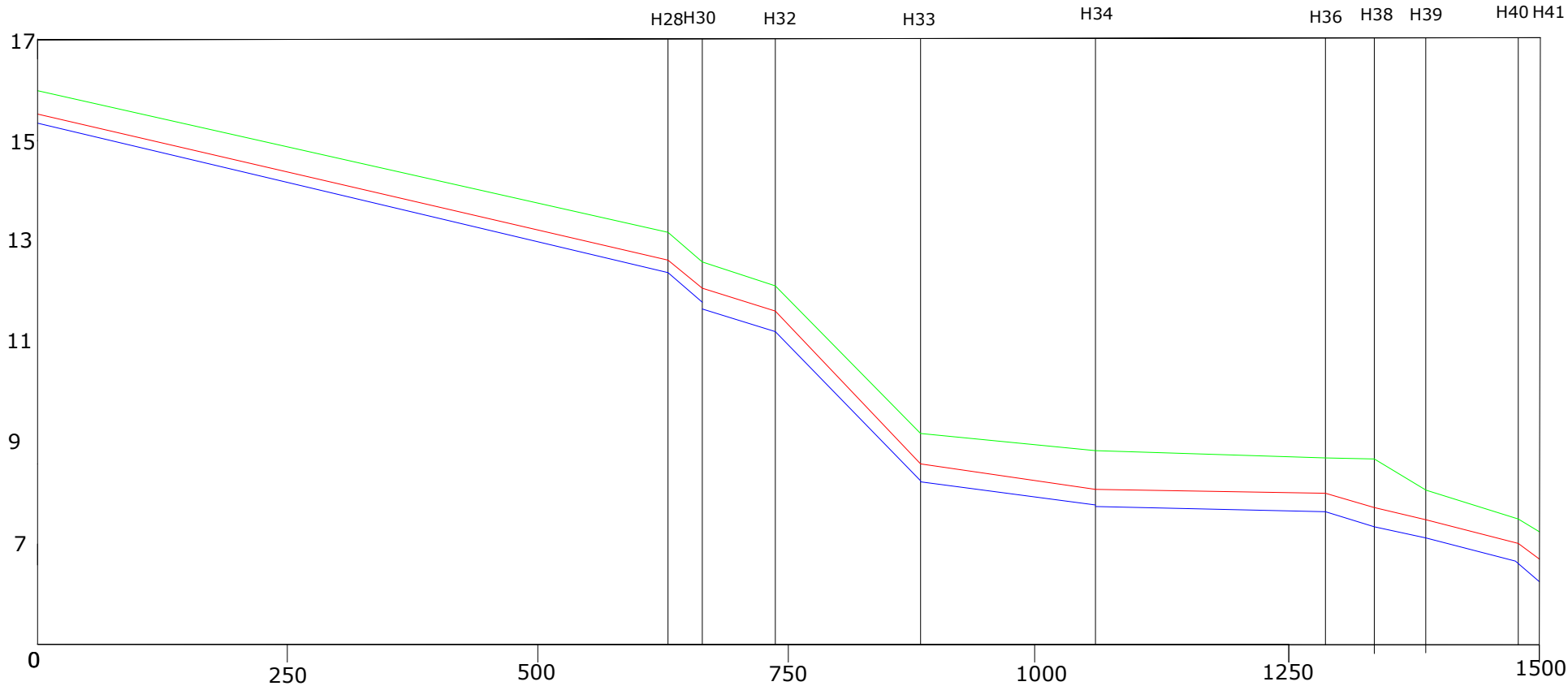
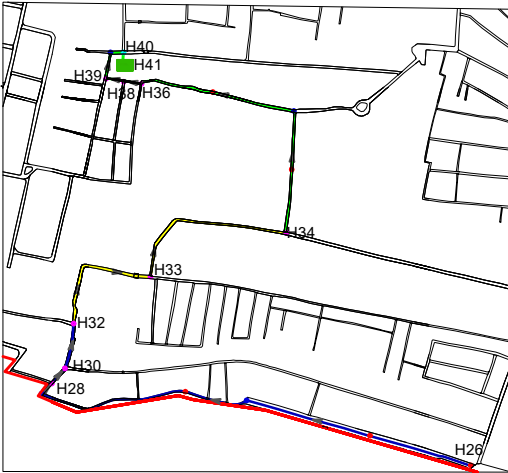


JALUR	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37	A38	A39	A40	H34	H36	H38	H39	H40	H41
Panjang Pipa (m)	184,21	30,03	26,73	49,57	42,4	30,03	28,81	33,93	1,72	404,51	378,66	23,67	25,46	52,3	10,18	
Elevasi Muka Tanah (m)	16,38	15,2	15,21	15,21	15,22	15,2	15,15	15,17	14,85	14,82	8,78	8,31	8,27	8,08	7,42	7,2
Elevasi Atas Pipa (m)	15,88	14,70	14,62	14,57	14,52	14,48	14,45	14,41	14,38	14,35	8,14	7,81	7,77	7,48	6,81	6,59
Elevasi Bawah Pipa (m)	15,77	14,59	14,51	14,46	14,41	14,37	14,34	14,3	14,27	14,24	8,03	7,74	7,41	7,37	7,08	6,19
Diameter (mm)	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	400	400	400	400	400	400
Manhole Lurus (buah)											4					
Manhole Belokan (buah)											3					
Manhole Pertigaan(buah)											12					
Manhole Perempatan											1					
Drop Manhole (buah)											0					



Judul Tugas	
Tugas Akhir Perencanaan	
Departemen	
Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	
Legenda	
<div><div></div> Muka Tanah</div> <div><div></div> Pipa Bagian Atas</div> <div><div></div> Pipa Bagian Bawah</div>	
Drafter	
Rizki Ismi'Raj Destio 03211440000048	
Dosen Pembimbing	
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.	
Judul Gambar	
Profil Hidrolis Jalur SPAL Cluster I	
Skala	No Gambar
Skala Vertikal 1:120 Skala Horizontal 1:5000	08

Jalur H26-H41

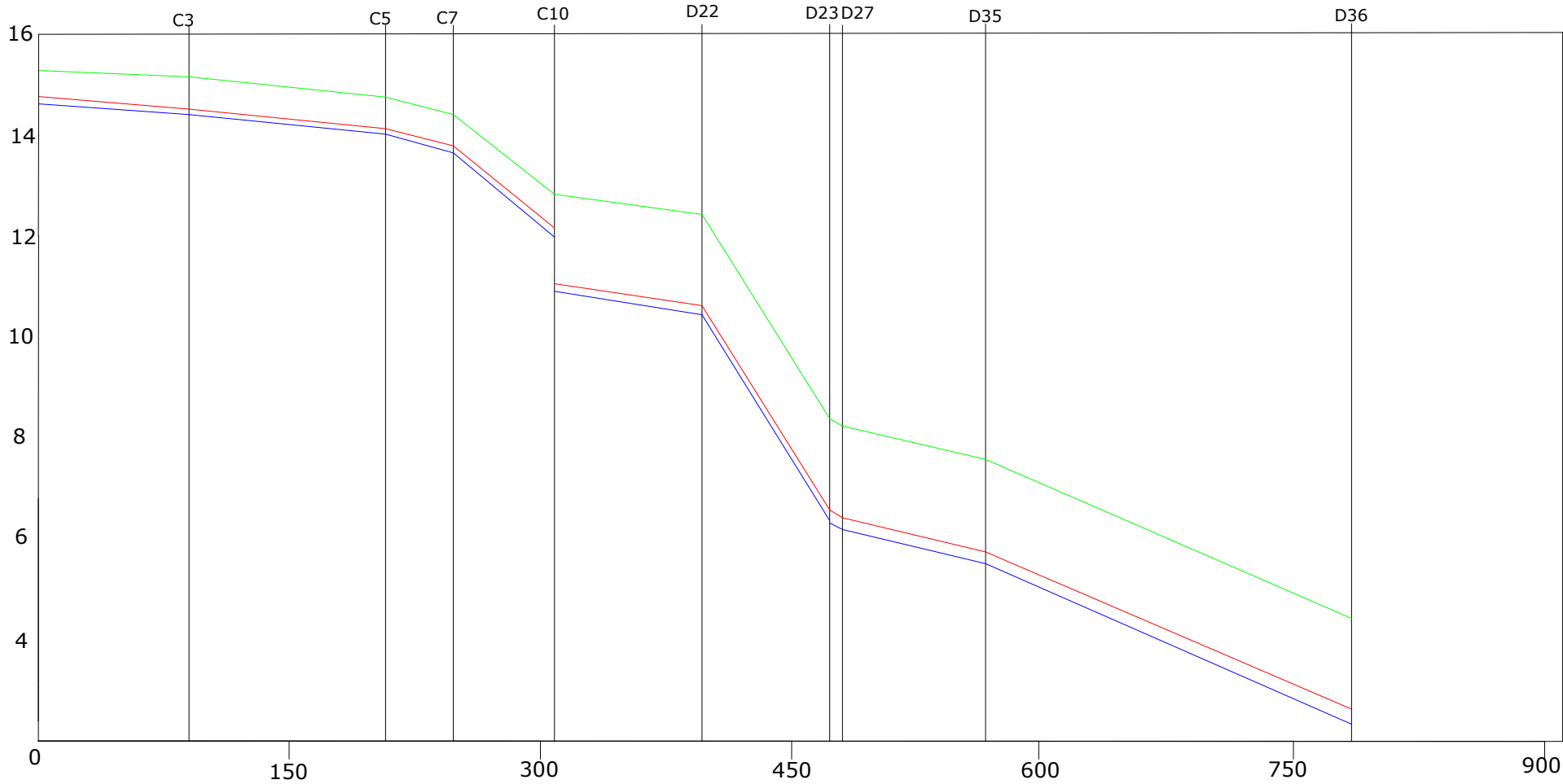
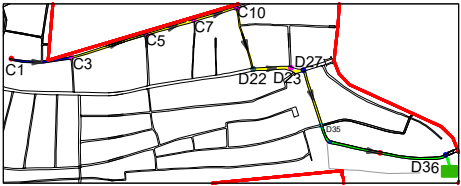


JALUR	H26	H28	H30	H32	H33	H34	H36	H38	H39	H40	H41
Panjang Pipa (m)	626,42	27,44	60,52	172,25	236,41	378,66	23,67	25,46	52,3	10,18	
Elevasi Muka Tanah (m)	15,95	13,2	12,6	12,46	8,95	8,78	8,31	8,27	8,08	7,42	7,2
Elevasi Atas Pipa (m)	15,45	12,7	12,1	11,96	8,44	8,14	7,81	7,77	7,48	6,81	6,59
Elevasi Bawah Pipa (m)	15,33	12,58	11,98	11,85	11,71	8,19	8,09	8,03	7,74	7,41	7,37
Diameter (mm)	125	125	250	250	350	400	400	400	400	400	400
Manhole Lurus (buah)				5							
Manhole Belokan (buah)				6							
Manhole Pertigaan(buah)				8							
Manhole Perempatan				1							
Drop Manhole (buah)				0							



Judul Tugas	
Tugas Akhir Perencanaan	
Departemen	
Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	
Legenda	
<div><div></div> Muka Tanah</div> <div><div></div> Pipa Bagian Atas</div> <div><div></div> Pipa Bagian Bawah</div>	
Drafter	
Rizki Ismi'Raj Destio 03211440000048	
Dosen Pembimbing	
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.	
Judul Gambar	
Profil Hidrolis Jalur SPAL Cluster I	
Skala	No Gambar
Skala Vertikal 1:120 Skala Horizontal 1:6000	09

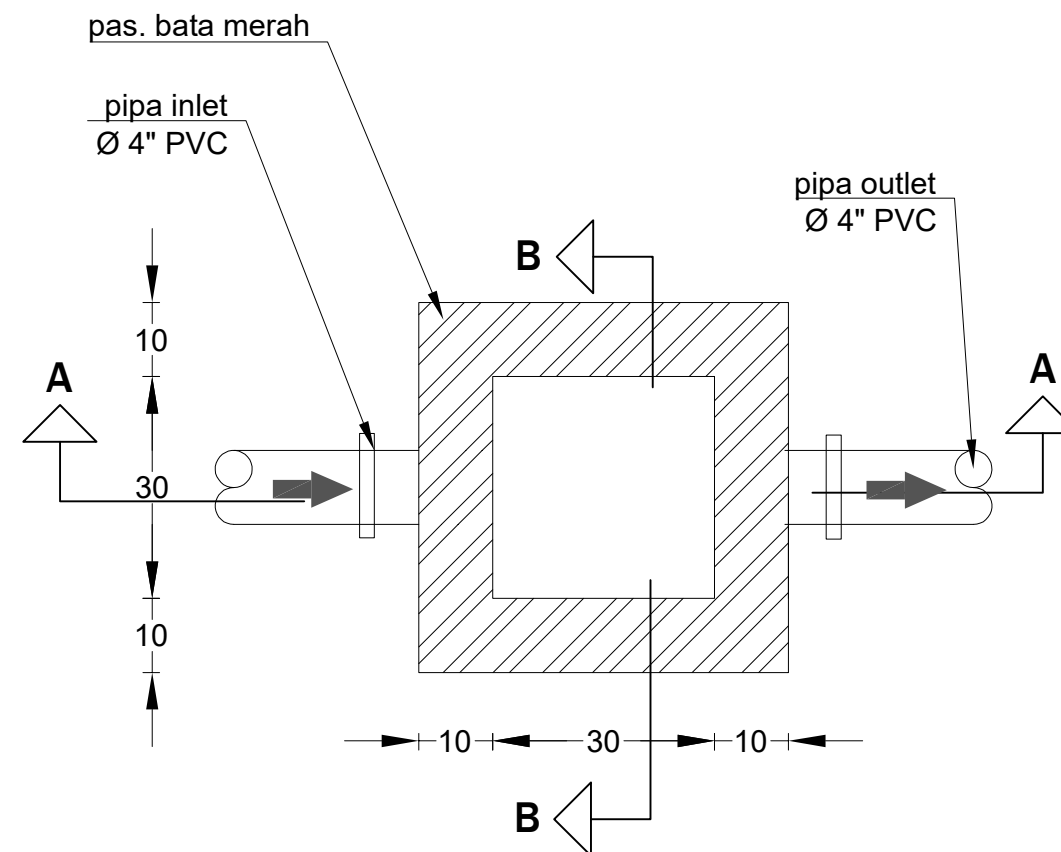
Jalur C1-D36



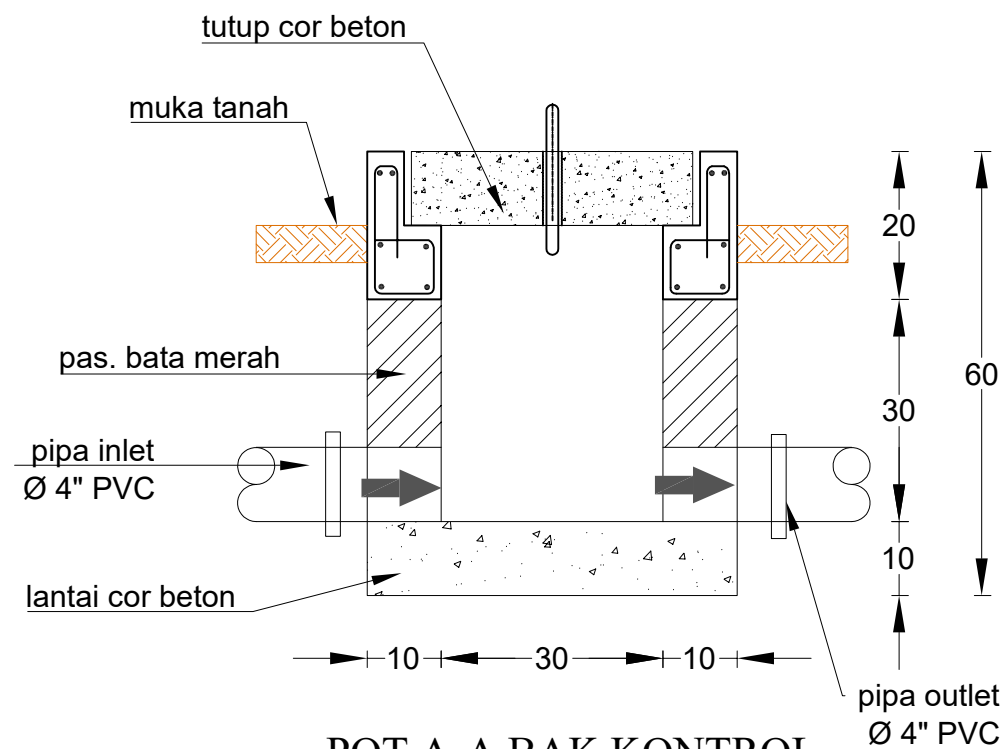
JALUR	C1	C3	C5	C7	C10	D22	D23	D27	D35	D36 (IPAL)
Panjang Pipa (m)	83,83	105,05	68,19	60,2	87,0	50,88	7,32	91,68	201,51	
Elevasi Muka Tanah (m)	15,25	15,18	14,78	14,4	12,8	12,4	8,35	8,25	7,55	4,23
Elevasi Atas Pipa (m)	14,75	14,53	14,13	13,75	10,93	10,53	7,85	7,75	5,76	2,44
Elevasi Bawah Pipa (m)	14,64	14,42	14,02	13,64	10,82	10,42	7,74	7,65	7,55	2,24
Diameter (mm)	110	110	110	110	110	110	200	200	200	
Manhole Lurus (buah)							2			
Manhole Belokan (buah)							3			
Manhole Pertigaan(buah)							6			
Manhole Perempatan							1			
Drop Manhole (buah)							1			



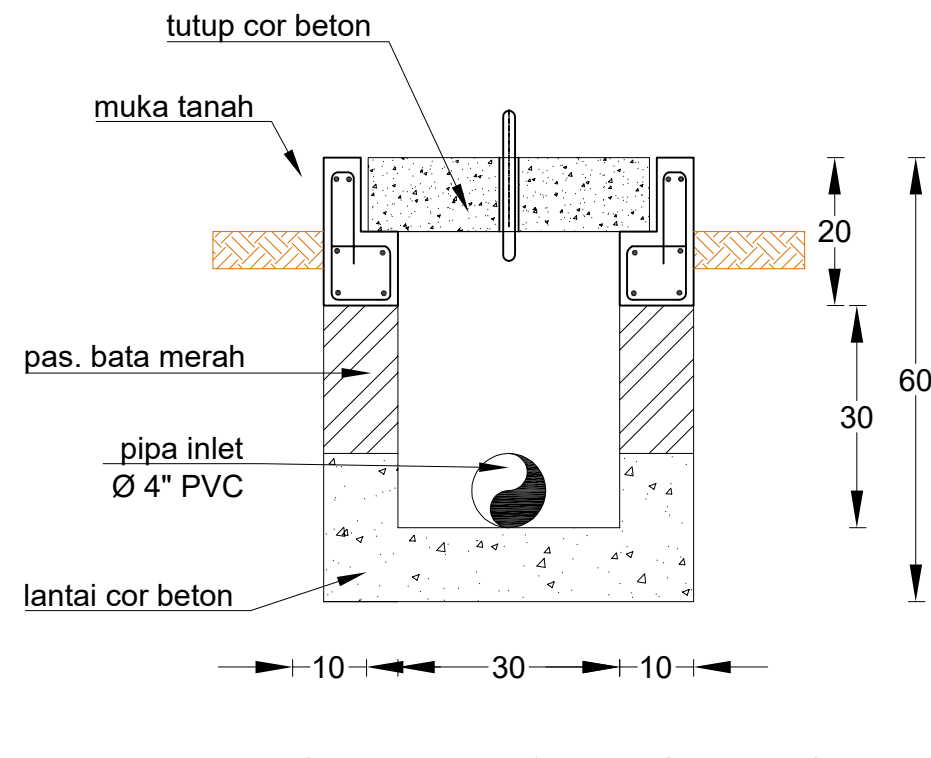
Judul Tugas	
Tugas Akhir Perencanaan	
Departemen	
Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	
Legenda	
<div><div></div> Muka Tanah</div> <div><div></div> Pipa Bagian Atas</div> <div><div></div> Pipa Bagian Bawah</div>	
Drafter	
Rizki Ismi'Raj Destio 03211440000048	
Dosen Pembimbing	
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.	
Judul Gambar	
Profil Hidrolis Jalur SPAL Cluster II	
Skala	No Gambar
Skala Vertikal 1:120 Skala Horizontal 1:3500	10



DENAH BAK KONTROL



POT A-A BAK KONTROL



POT B-B BAK KONTROL



Judul Tugas


Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda

 Beton

 Pasangan Bata

 Tanah

Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

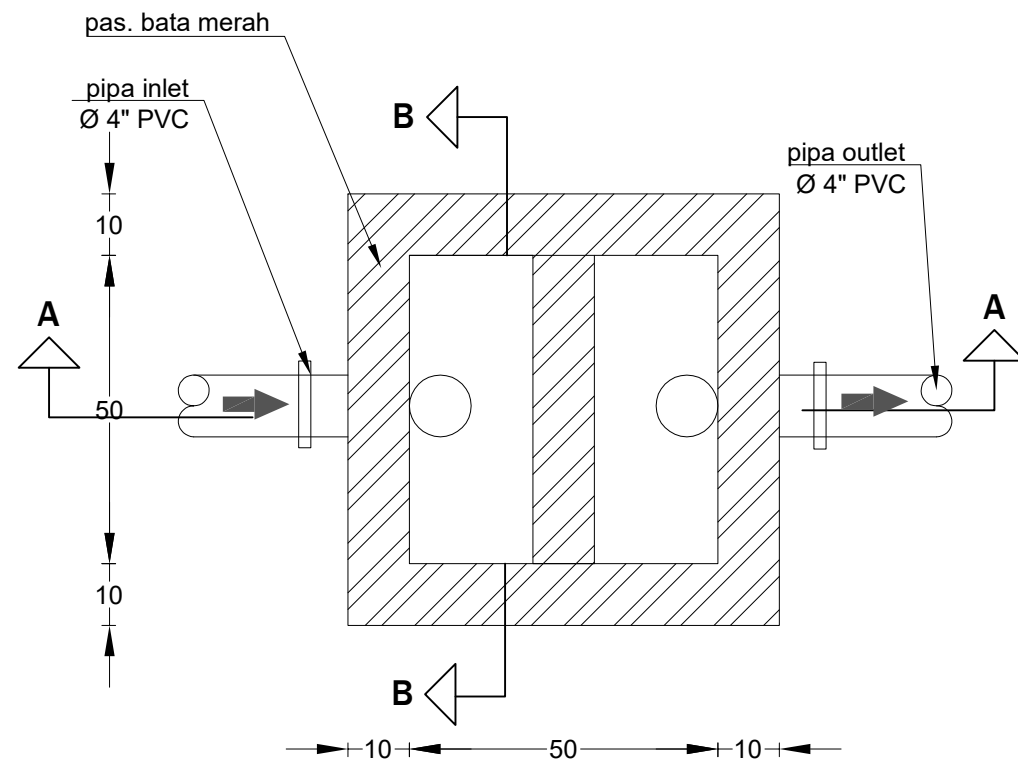
Bak Kontrol

Skala

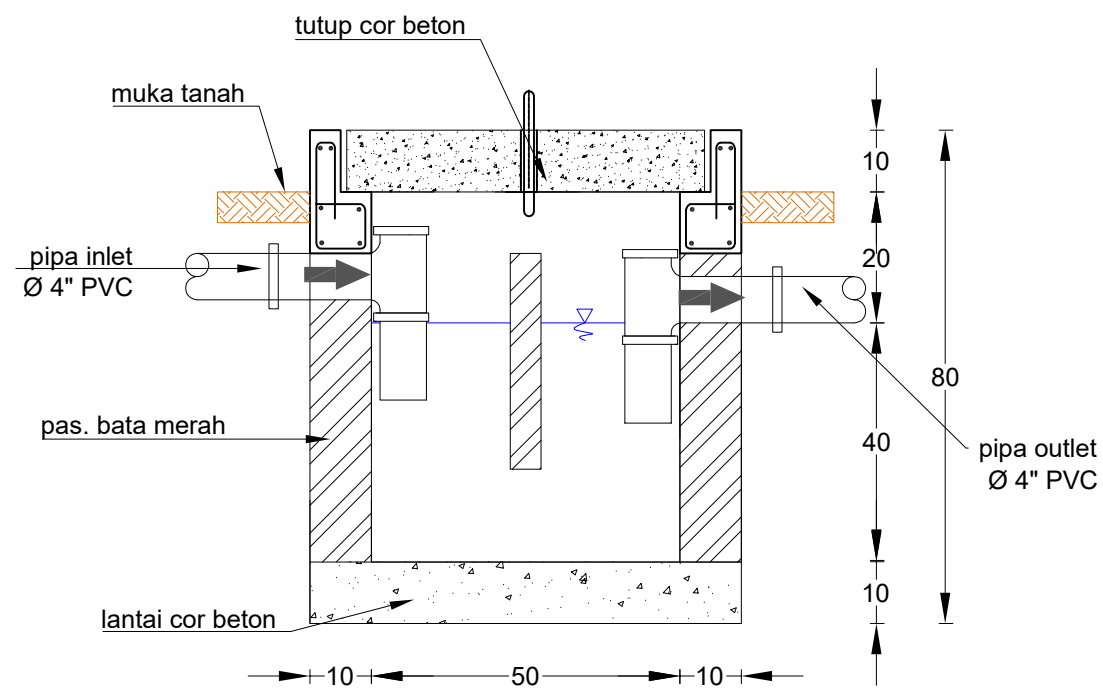
1 : 10

No Gambar

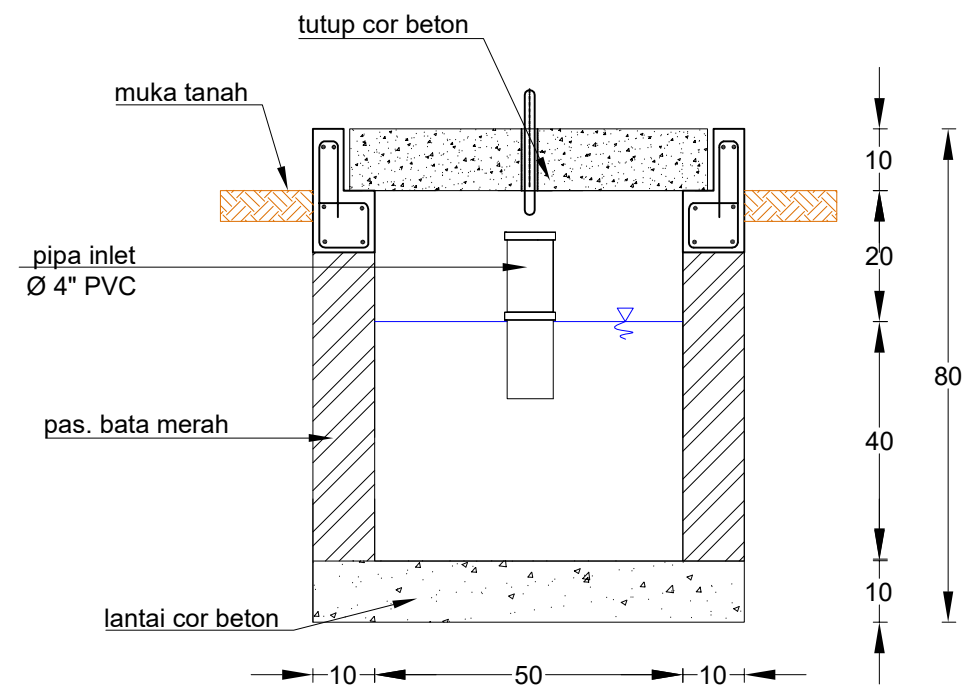
11



DENAH BAK PENANGKAP LEMAK



POT A-A BAK PENANGKAP LEMAK



POT B-B BAK PENANGKAP LEMAK



Judul Tugas


Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda

 Beton

 Pasangan Bata

 Tanah

Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

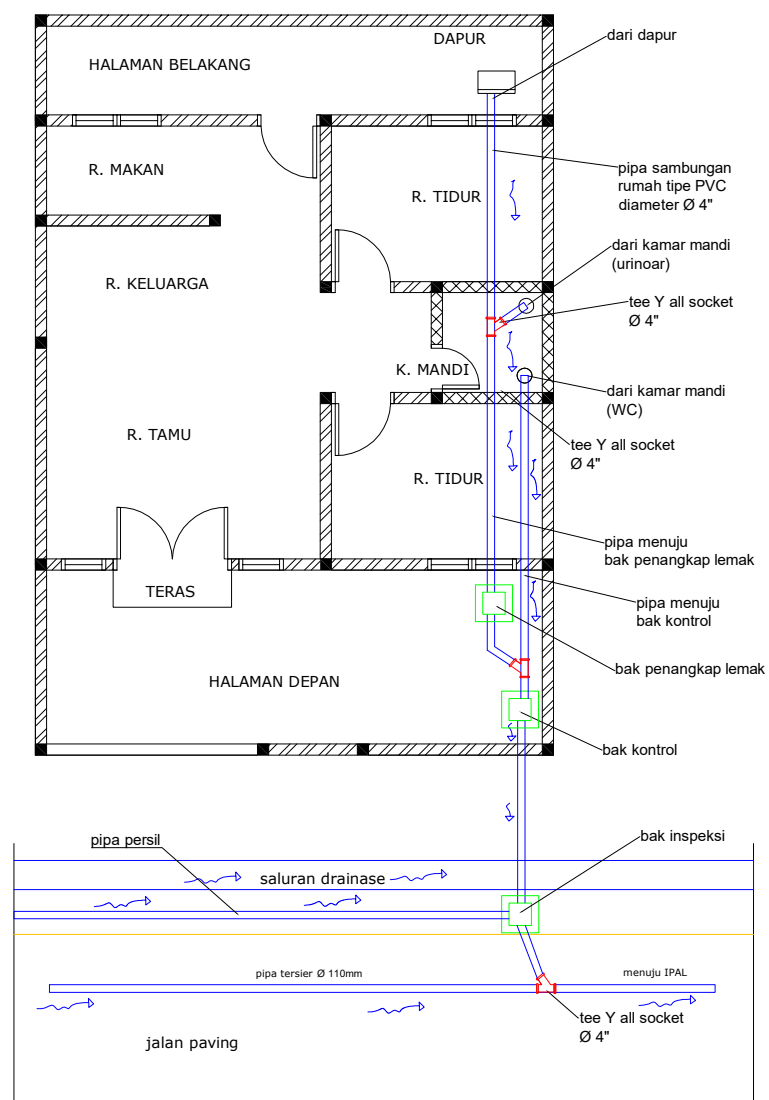
Bak Penangkap Lemak

Skala

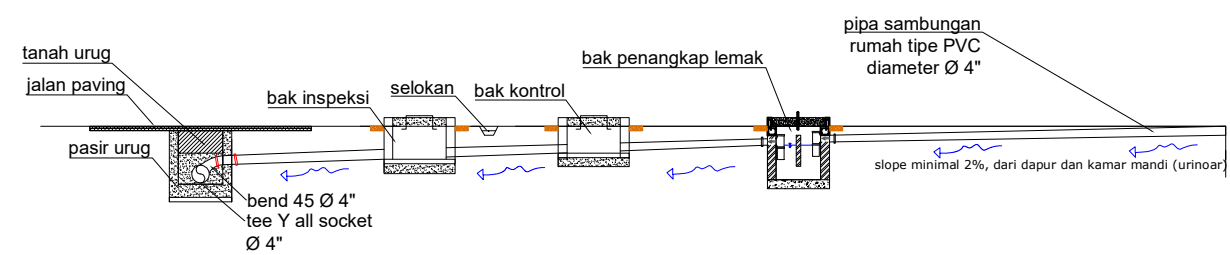
1 : 10

No Gambar

12



DENAH SAMBUNGAN RUMAH



POTONGAN SAMBUNGAN RUMAH






Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda

-  Beton
-  Pasangan Bata
-  Tanah

Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

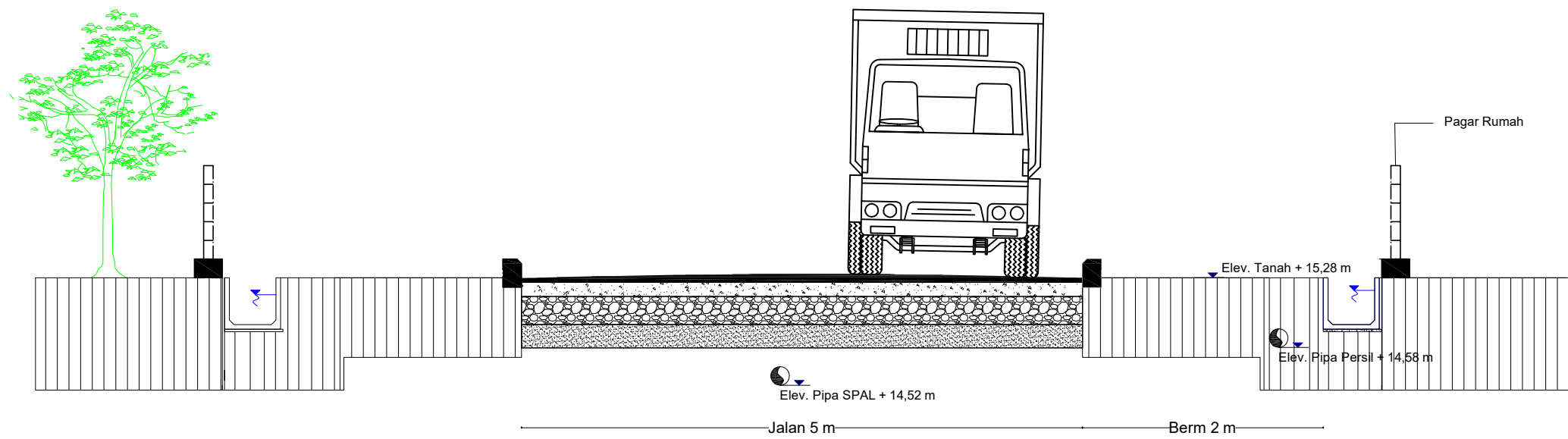
Sambungan Rumah

Skala

1 : 100

No Gambar

13



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda



Beton

Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

Detail Potongan Jalan

Skala

1 : 50

No Gambar

14



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda

 Beton

Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

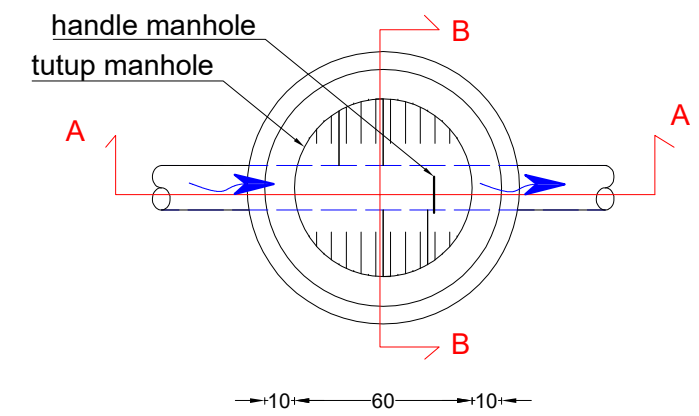
Manhole Lurus

Skala

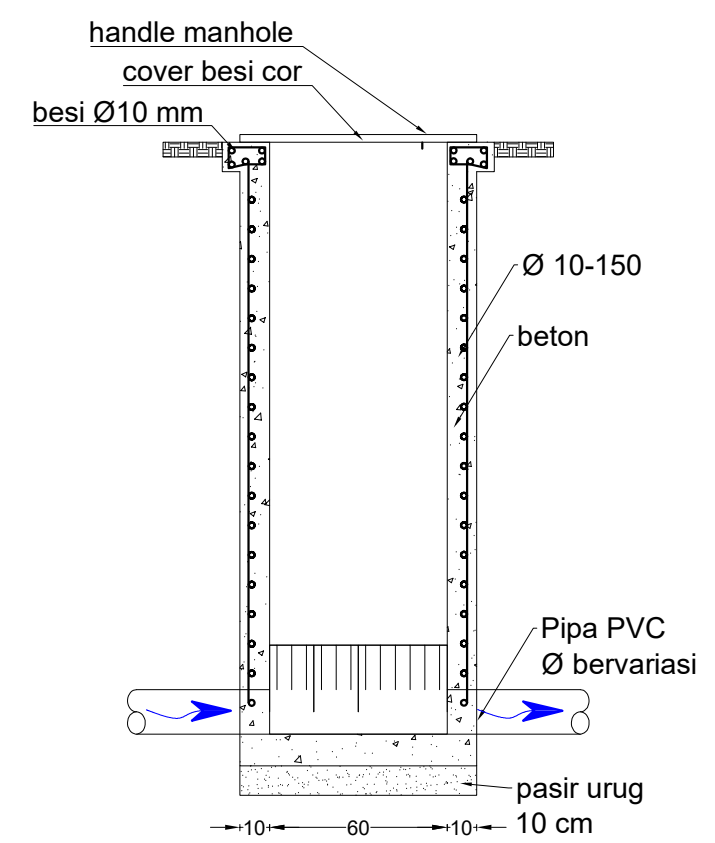
1 : 25

No Gambar

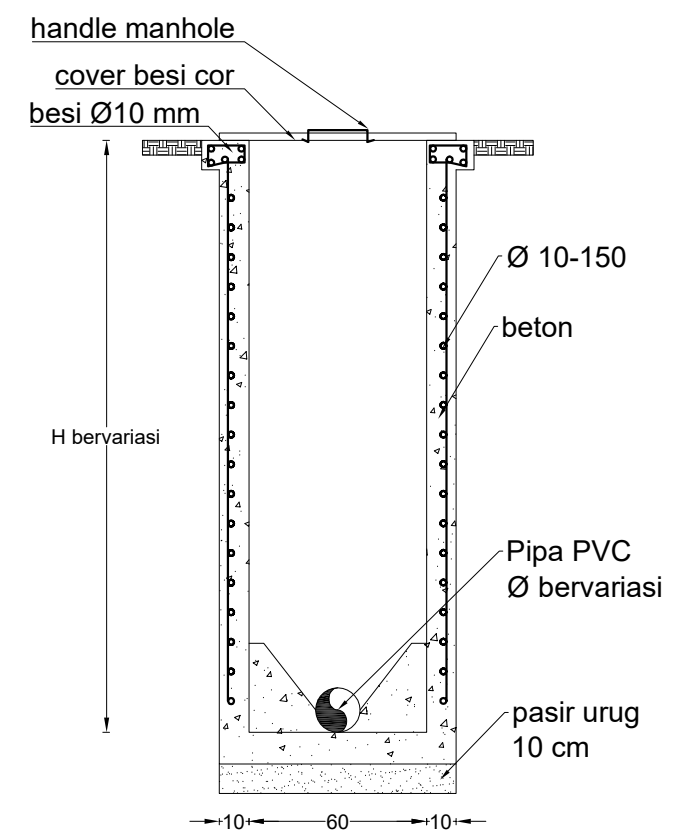
15



DENAH TIPIKAL MANHOLE (LURUS)
SKALA 1:25



POTONGAN A-A
SKALA 1:25



POTONGAN B-B
SKALA 1:25



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda

 Beton

Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
0321144000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

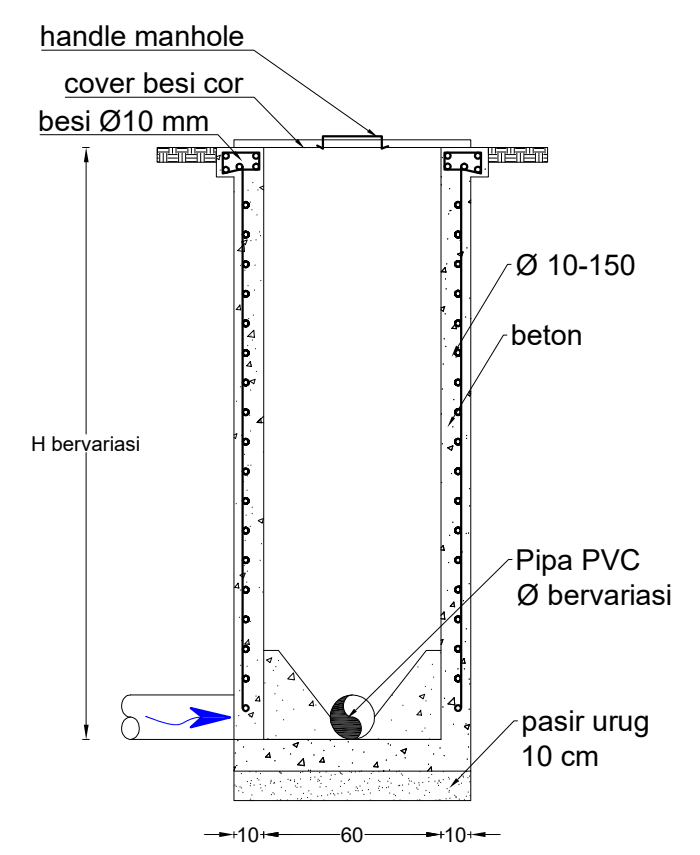
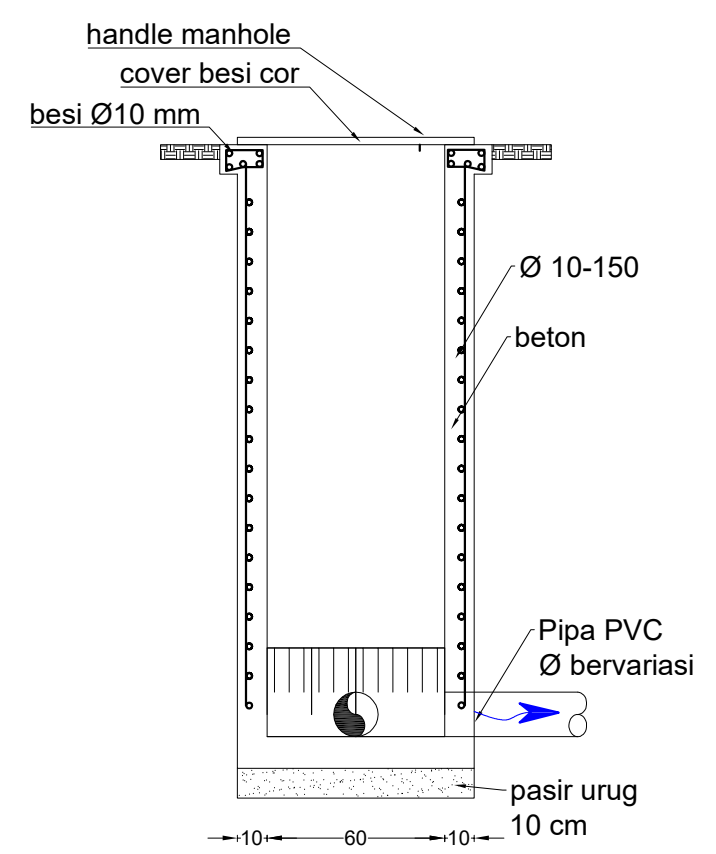
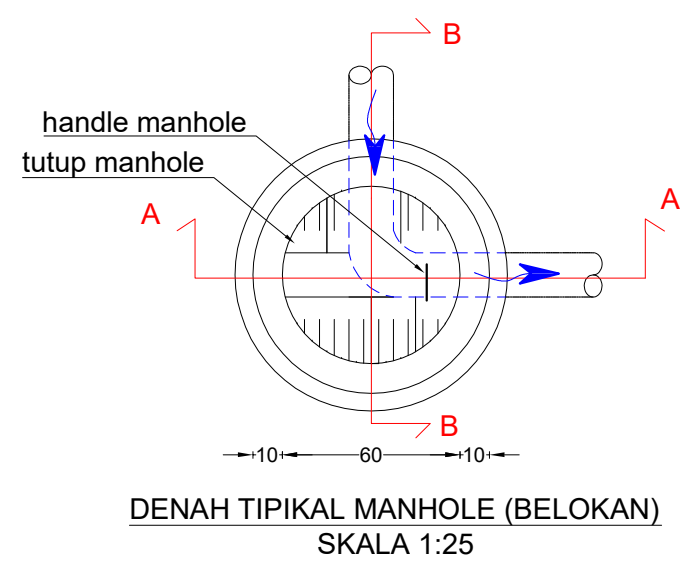
Manhole Belokan

Skala

1 : 25

No Gambar

16





Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda

 Beton

Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

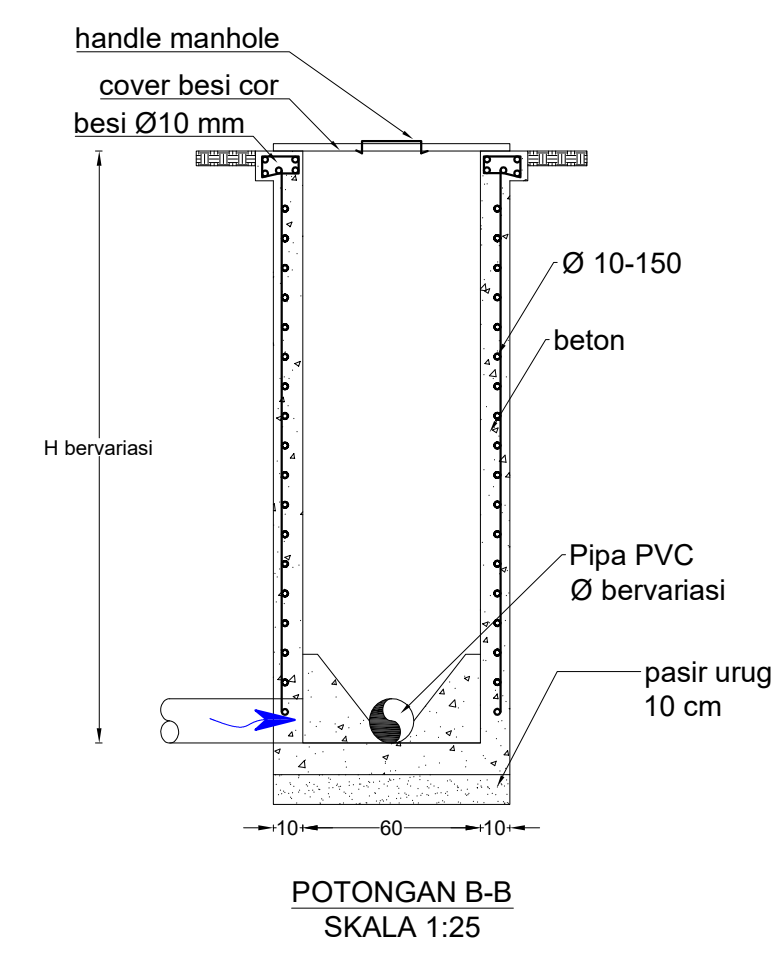
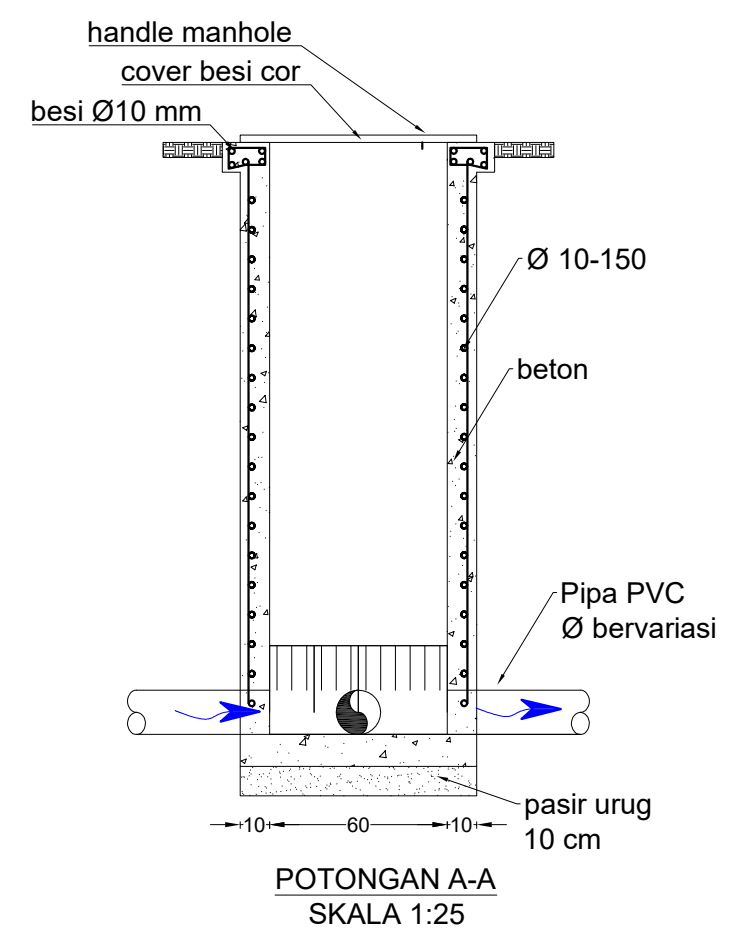
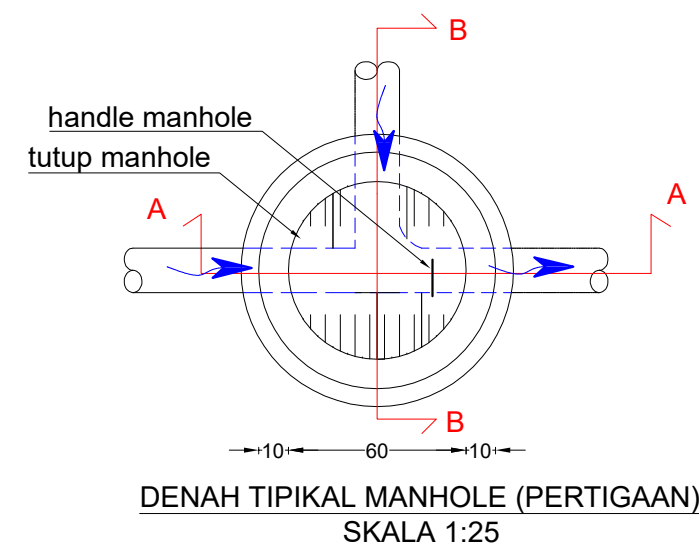
Manhole Pertigaan

Skala

1 : 25

No Gambar

17





Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda

 Beton

Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

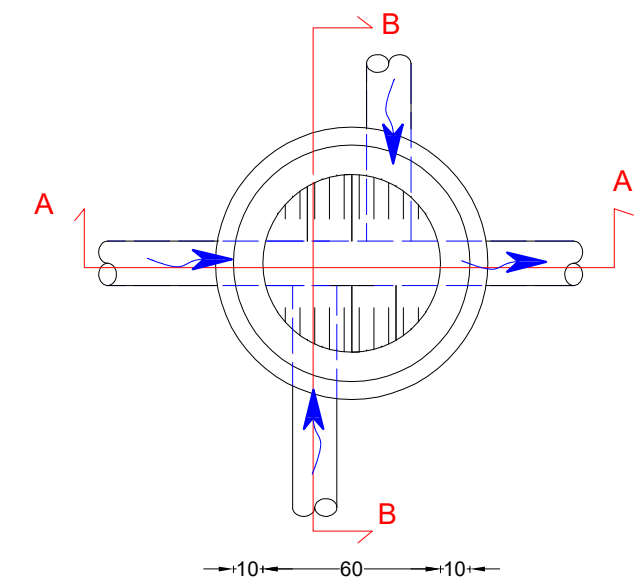
Manhole Perempatan

Skala

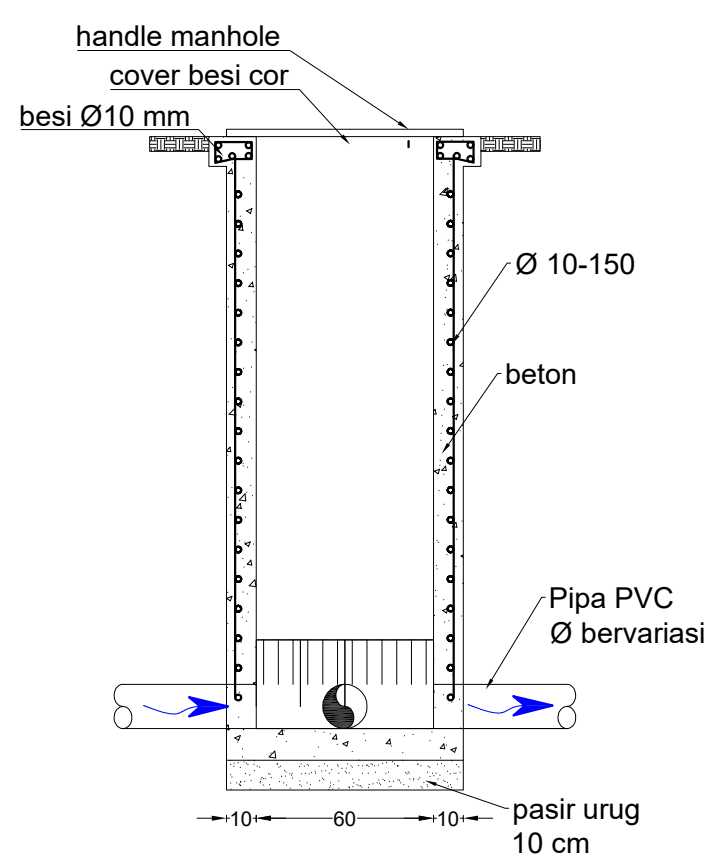
1 : 25

No Gambar

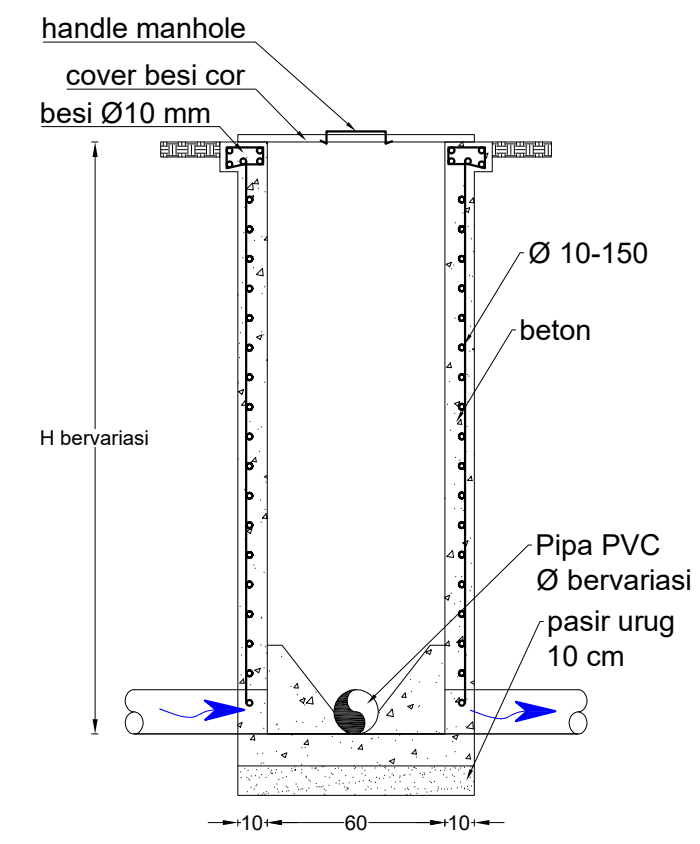
18



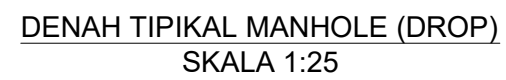
DENAH TIPIKAL MANHOLE (PEREMPATAN)
SKALA 1:25

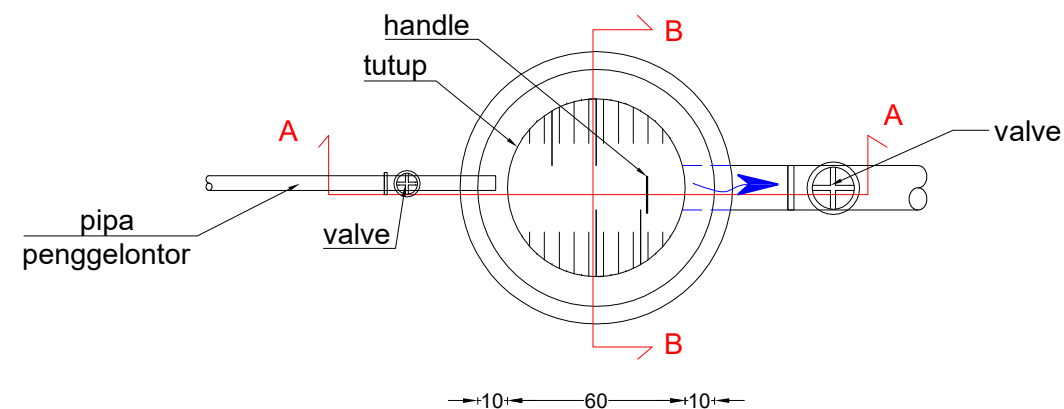


POTONGAN A-A
SKALA 1:25

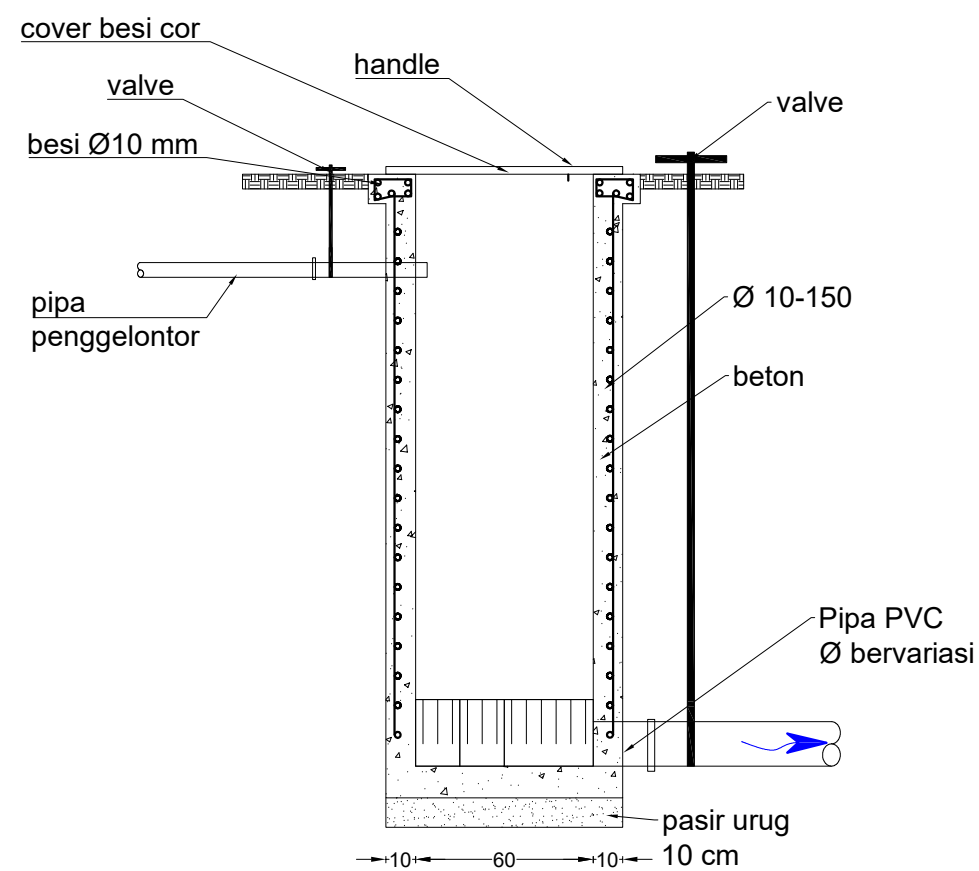


POTONGAN B-B
SKALA 1:25

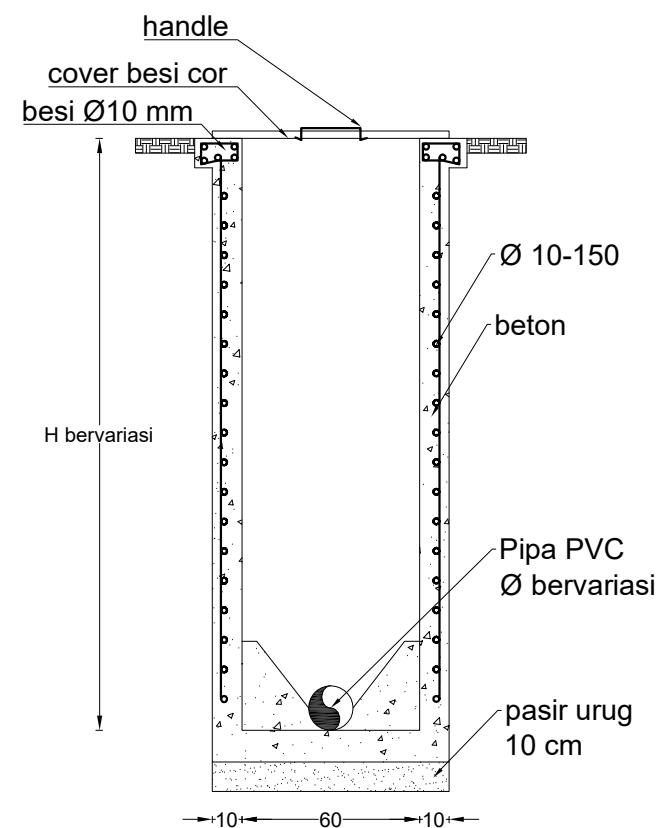




DENAH TIPIKAL BAK PENGGELONTOR
SKALA 1:25



POTONGAN A-A
SKALA 1:25



POTONGAN B-B
SKALA 1:25



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda

 Beton

Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

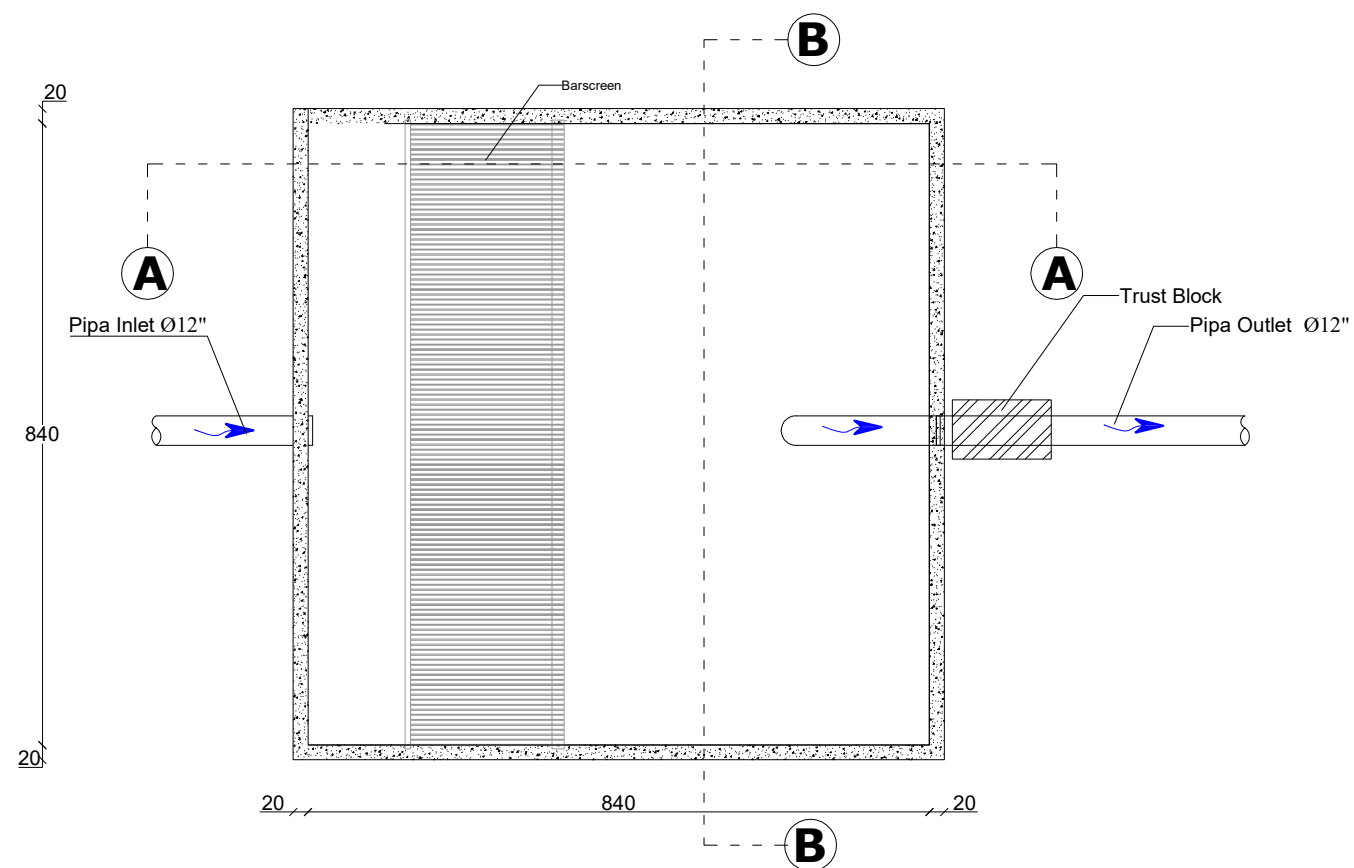
Bak Penggelontor

Skala

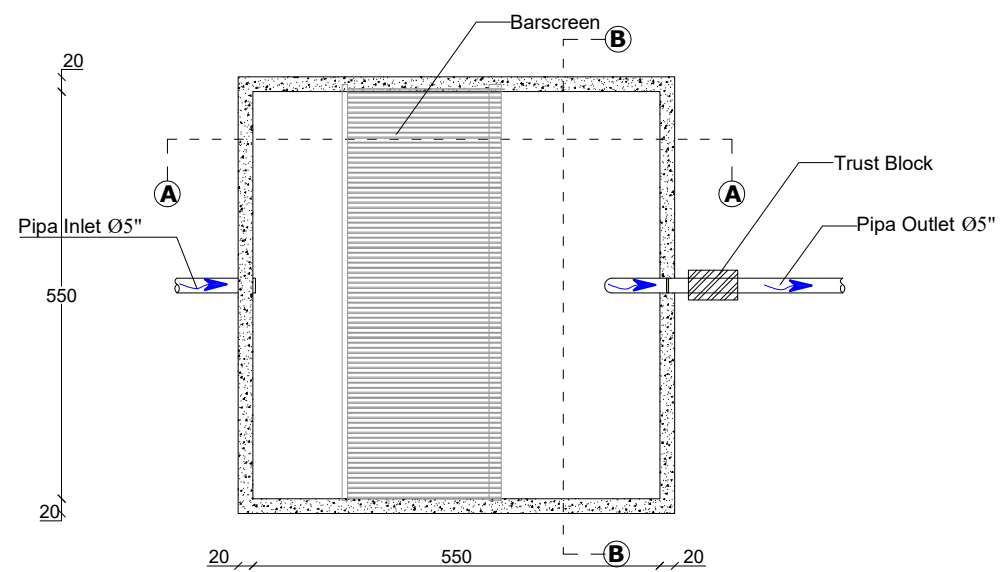
1 : 25

No Gambar

20



DENAH SUMUR PENGUMPUL *CLUSTER I*



DENAH SUMUR PENGUMPUL *CLUSTER II*



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda



Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

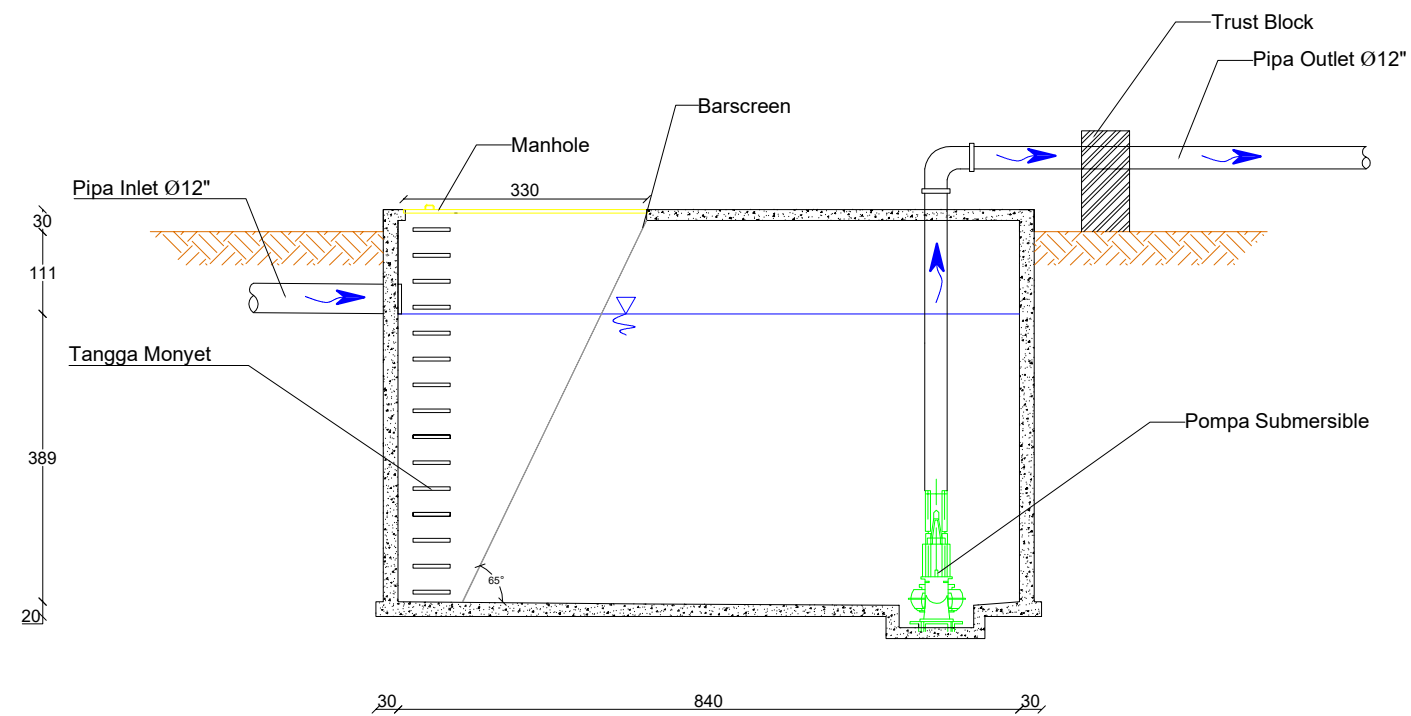
Denah Sumur Pengumpul

Skala

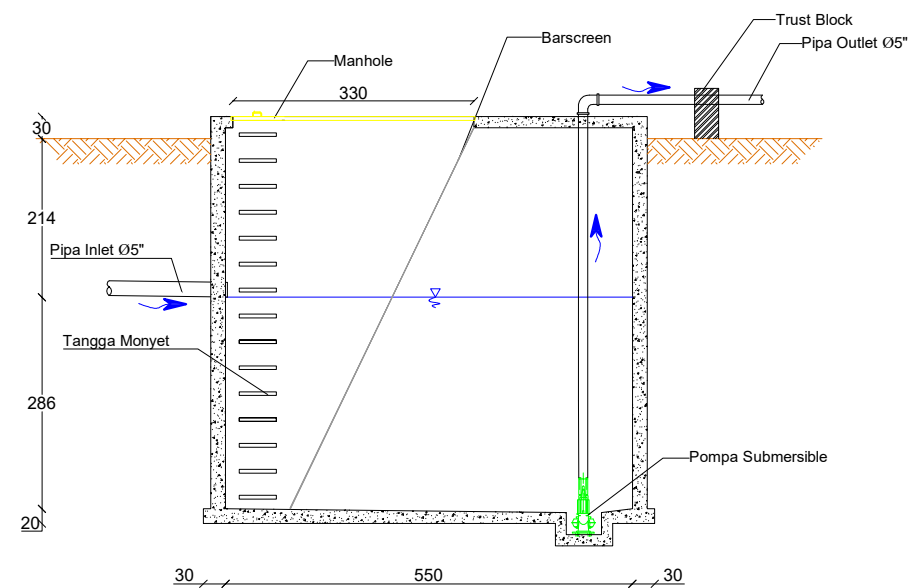
1 : 100

No Gambar

21



POTONGAN A-A SUMUR PENGUMPUL
CLUSTER I



POTONGAN A-A SUMUR PENGUMPUL
CLUSTER II



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda



Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

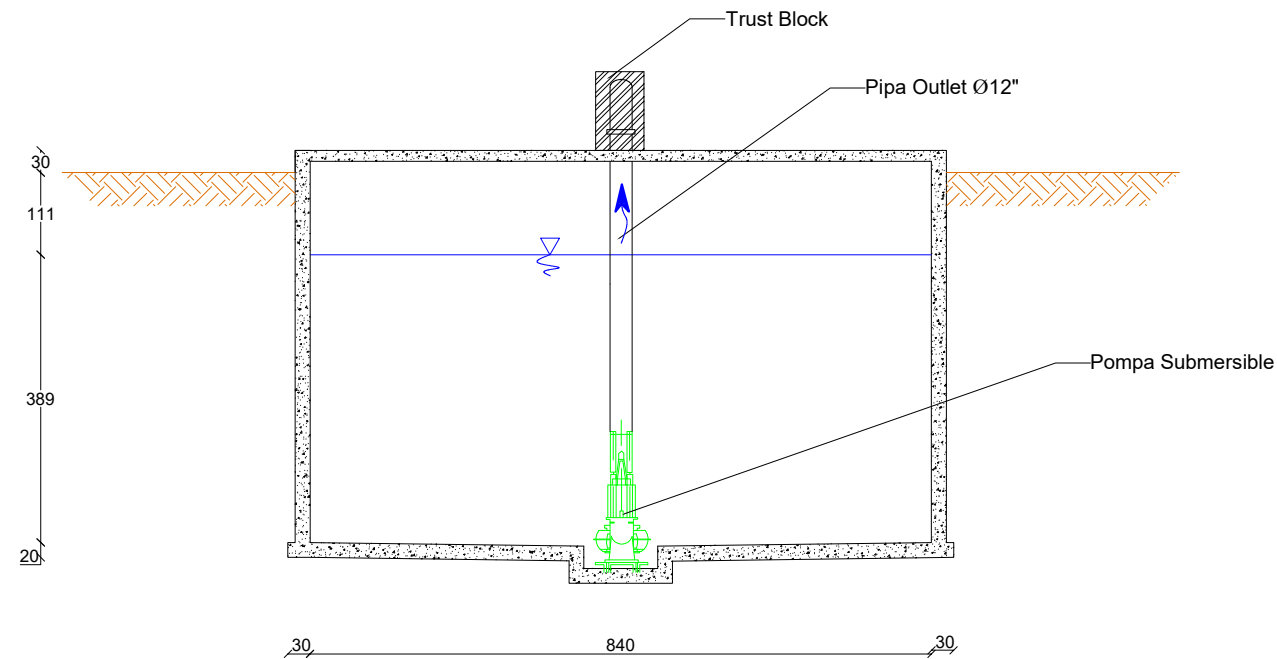
Detail Potongan A-A
Sumur Pengumpul

Skala

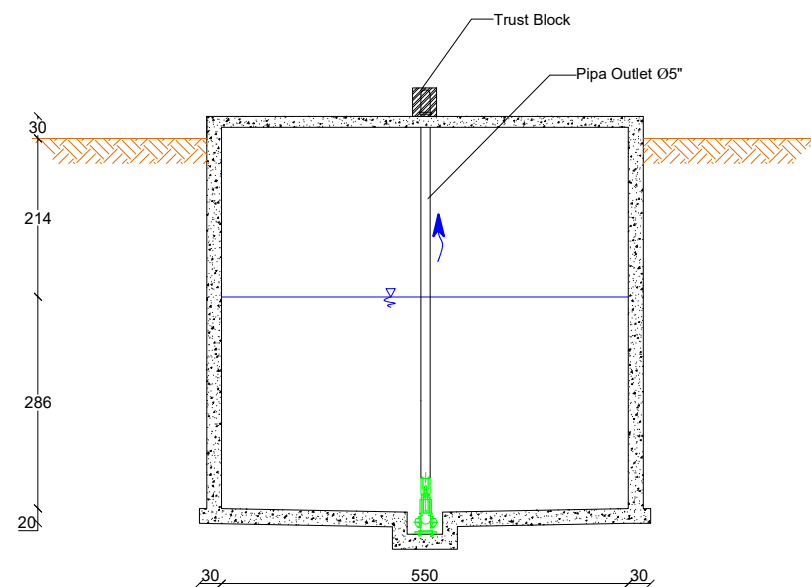
1 : 100

No Gambar

22



POTONGAN B-B SUMUR PENGUMPUL
CLUSTER I



POTONGAN B-B SUMUR PENGUMPUL
CLUSTER II



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda



Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

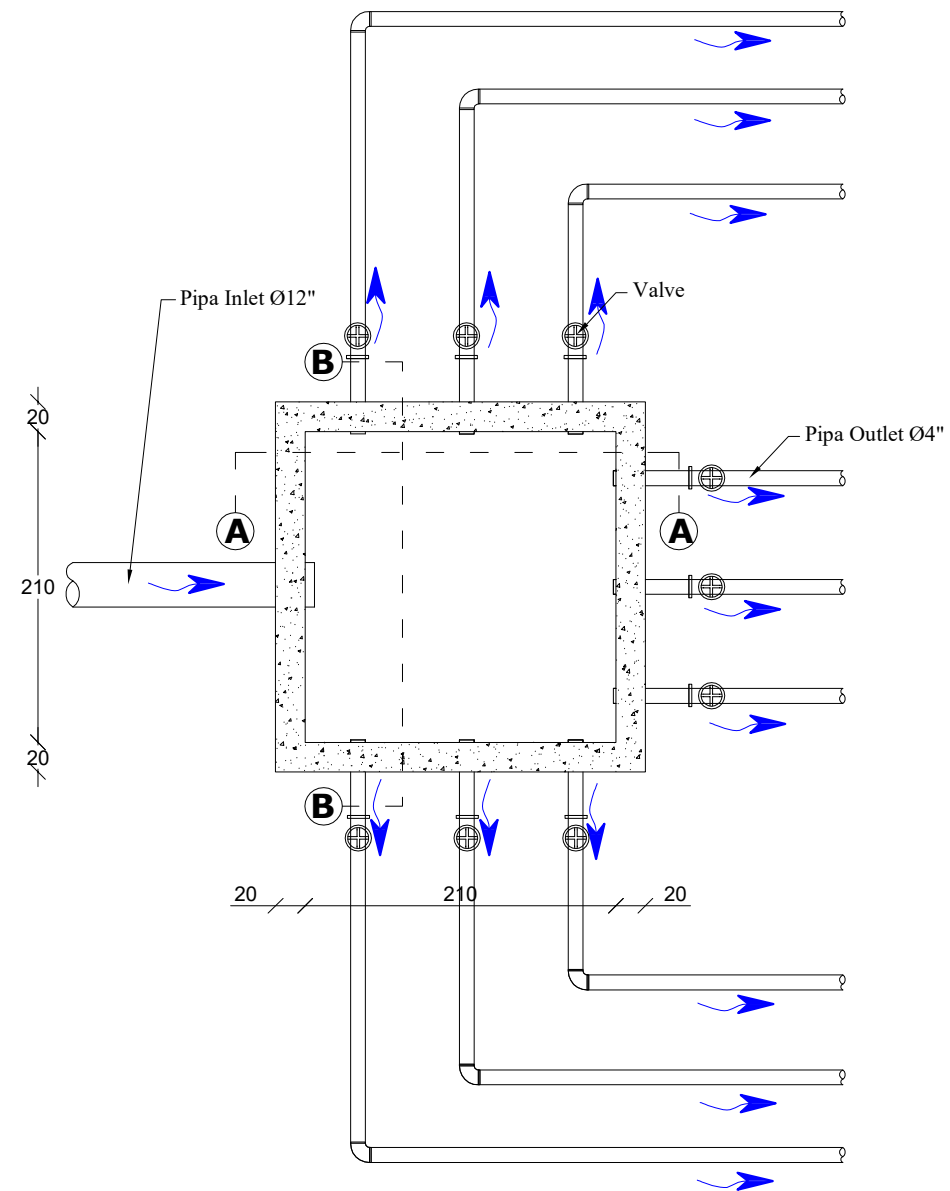
Detail Potongan B-B
Sumur Pengumpul

Skala

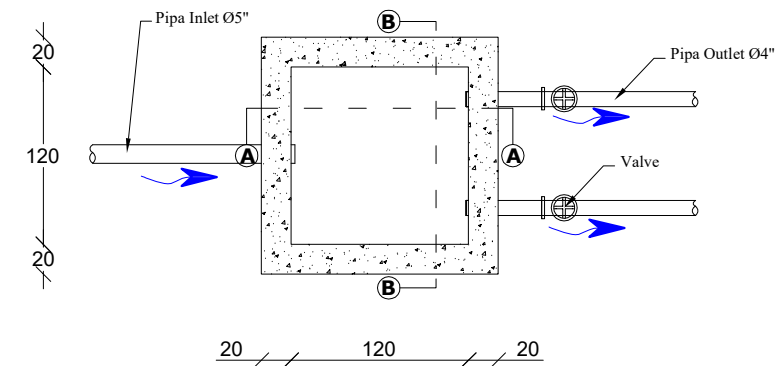
1 : 100

No Gambar

23



DENAH BAK DISTRIBUSI *CLUSTER I*



DENAH BAK DISTRIBUSI *CLUSTER II*



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda



Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

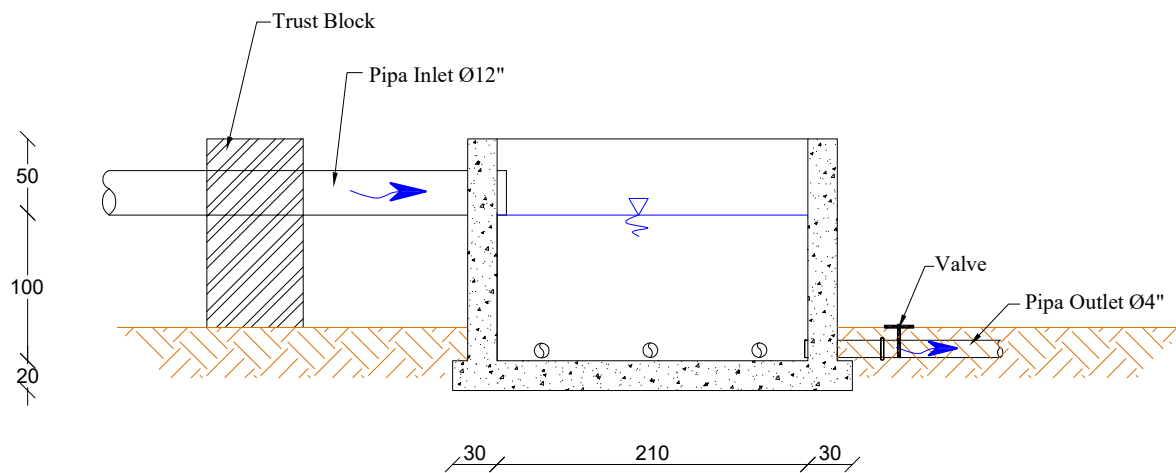
Denah Bak Distribusi

Skala

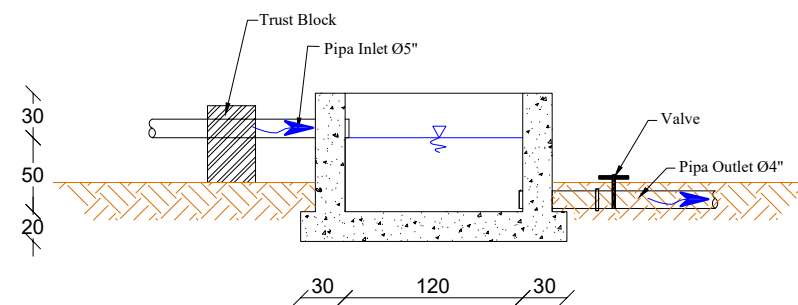
1 : 50

No Gambar

24



POTONGAN A-A BAK DISTRIBUSI *CLUSTER I*



POTONGAN A-A BAK DISTRIBUSI *CLUSTER II*



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda



Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

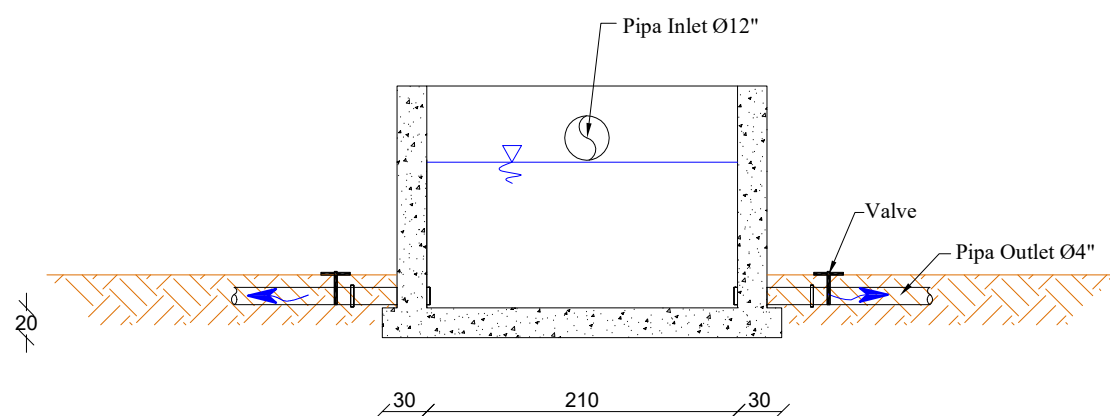
Detail Potongan
Bak Distribusi

Skala

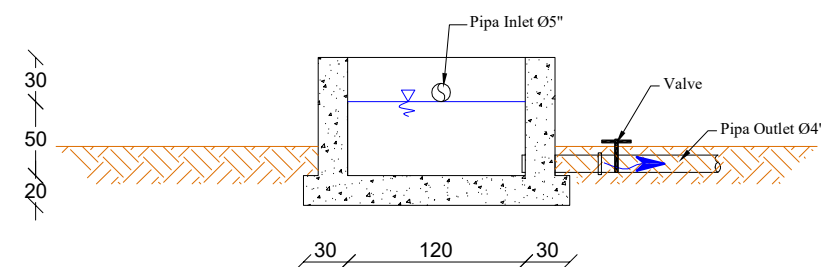
1 : 50

No Gambar

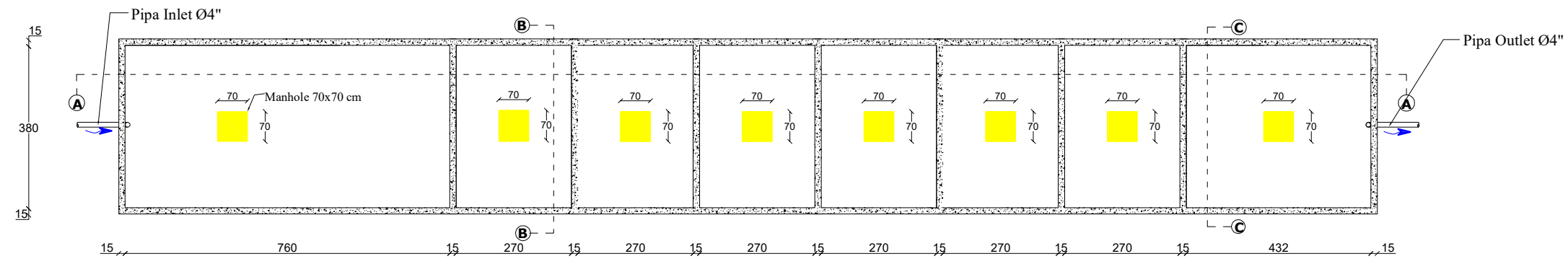
25



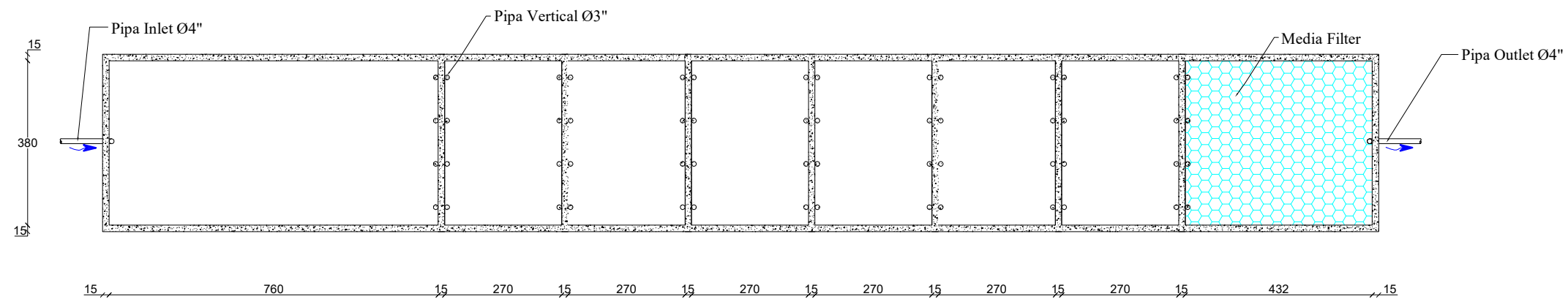
POTONGAN B-B BAK DISTRIBUSI *CLUSTER I*



POTONGAN B-B BAK DISTRIBUSI *CLUSTER II*



DENAH ABR & AF
CLUSTER I



DENAH ABR & AF TANPA TUTUP
CLUSTER I



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda



Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

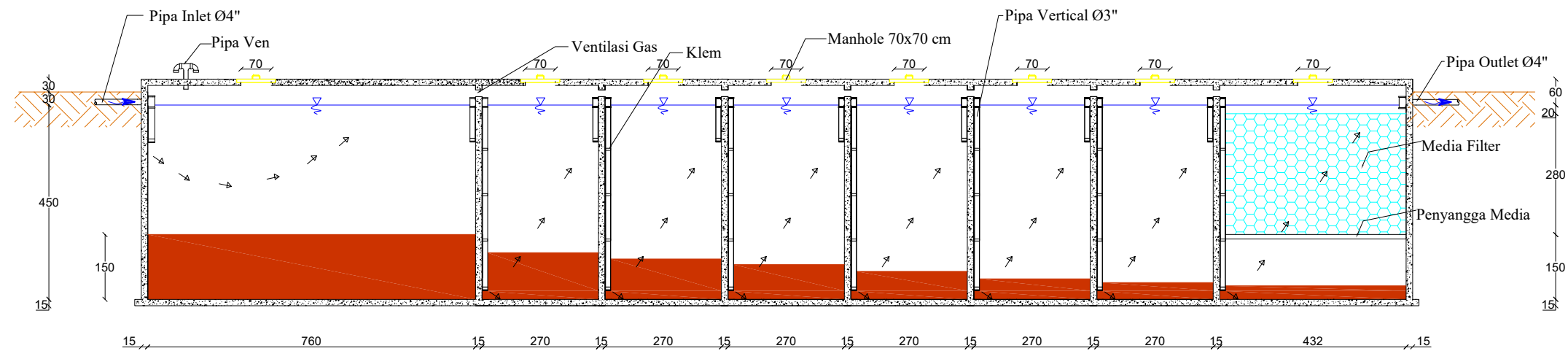
Denah ABR & AF Cluster I

Skala

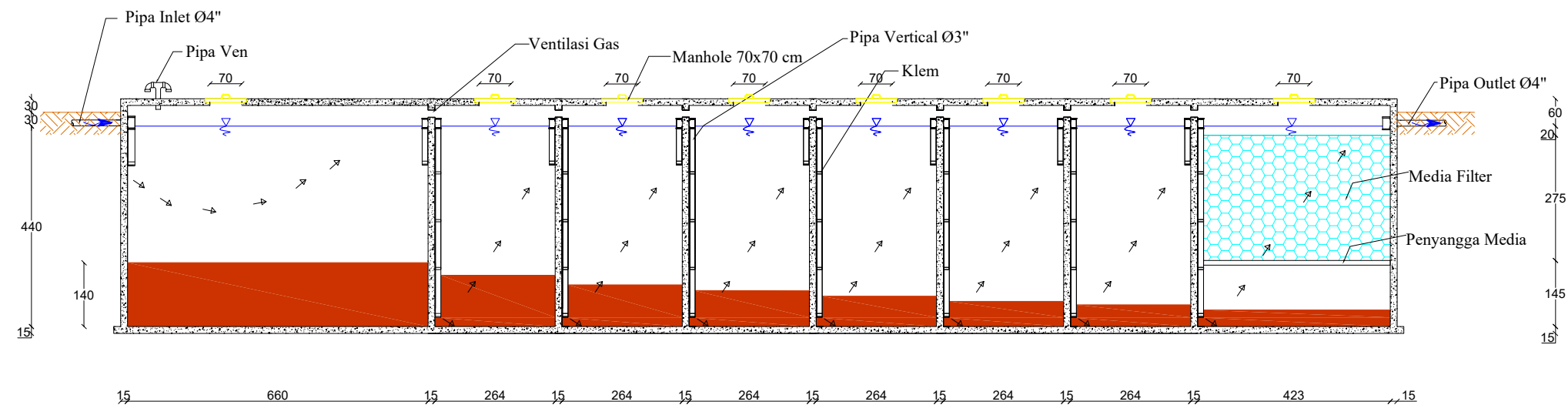
No Gambar

1 : 125

26



POTONGAN A-A ABR & AF
CLUSTER I



POTONGAN A-A ABR & AF
CLUSTER II



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda



Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

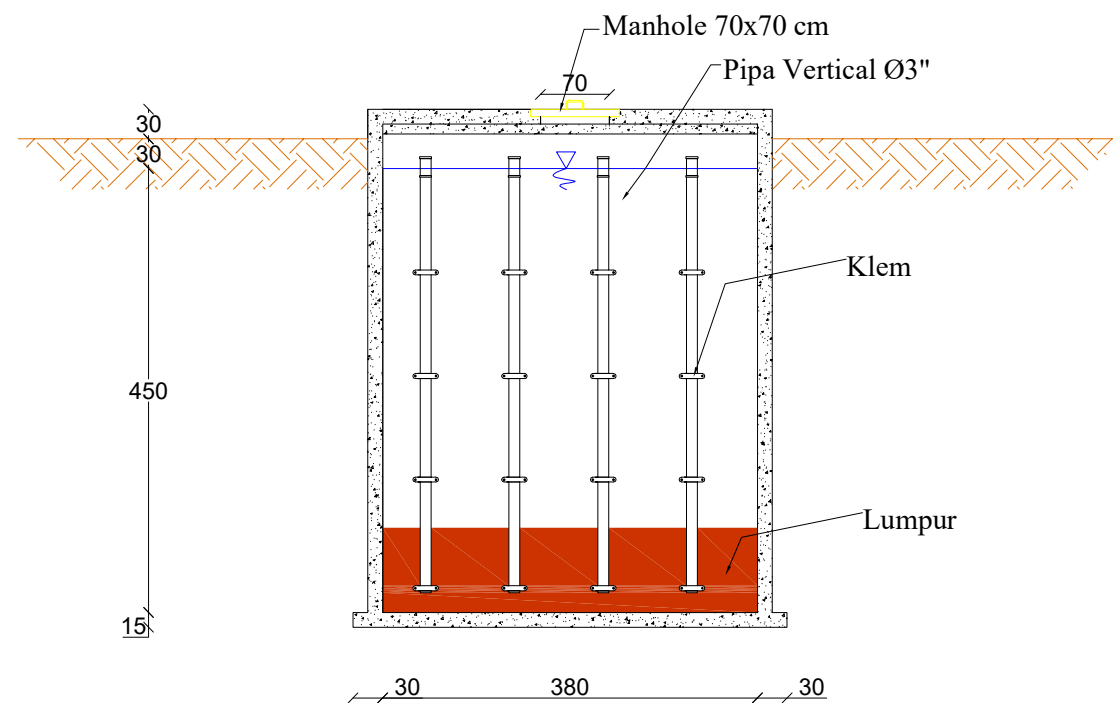
Detail Potongan A-A
ABR & AF

Skala

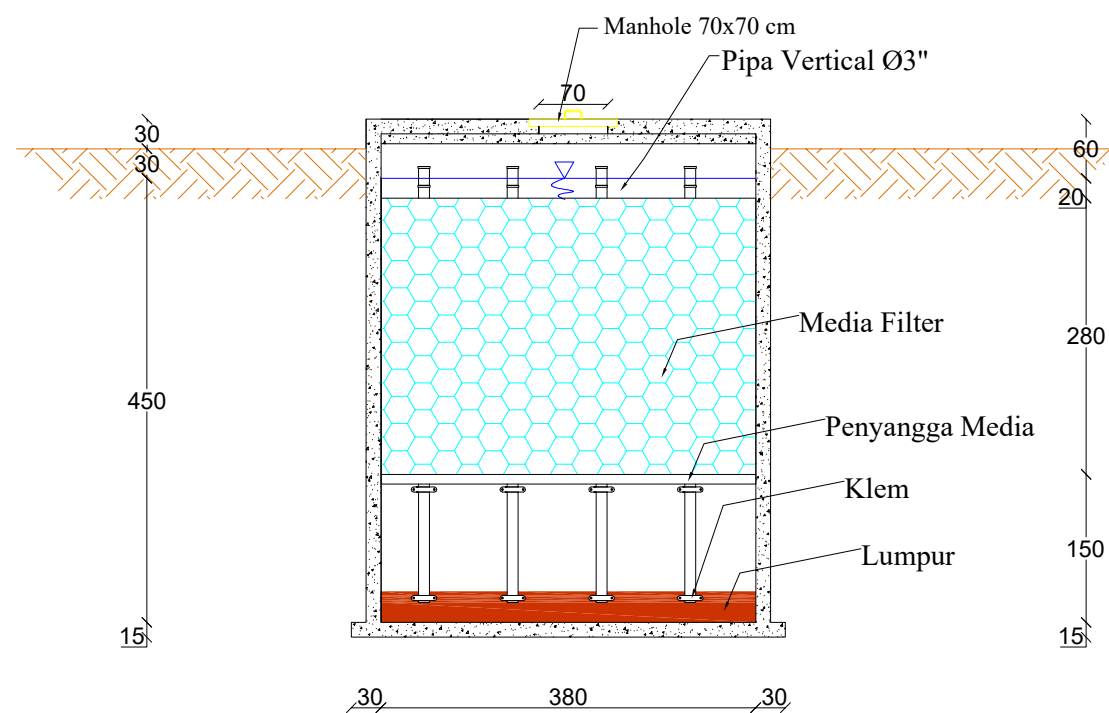
1 : 125

No Gambar

28



POTONGAN B-B ABR & AF
CLUSTER I



POTONGAN C-C ABR & AF
CLUSTER I



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda



Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

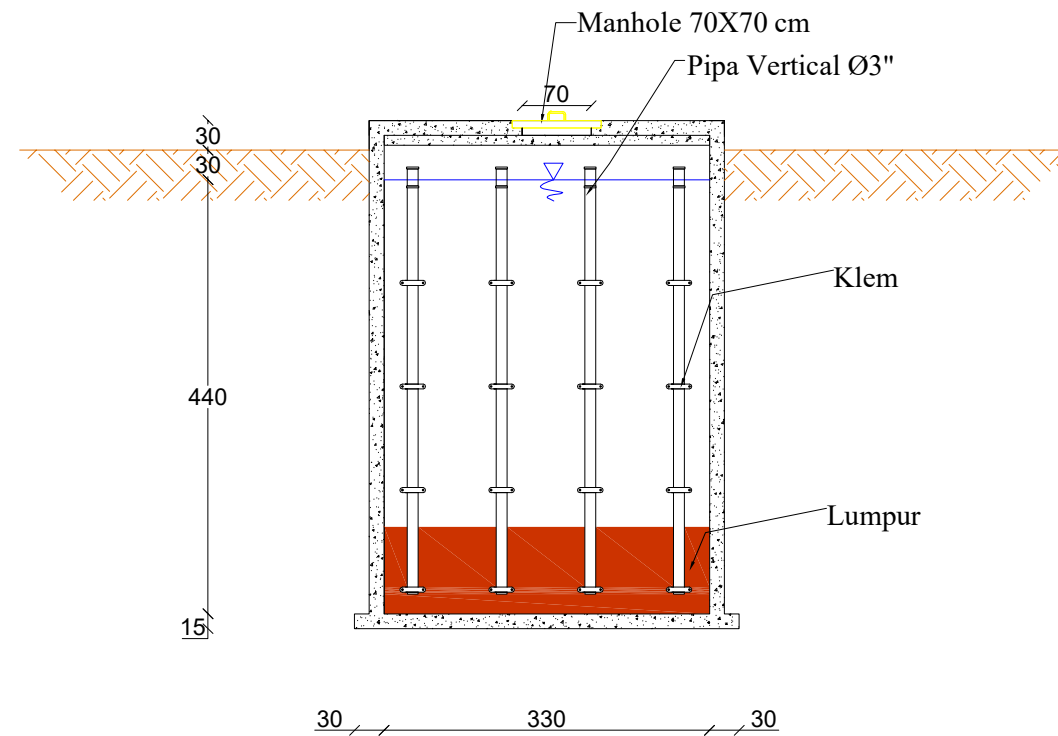
Detail Potongan A-A dan B-B
ABR & AF Cluster I

Skala

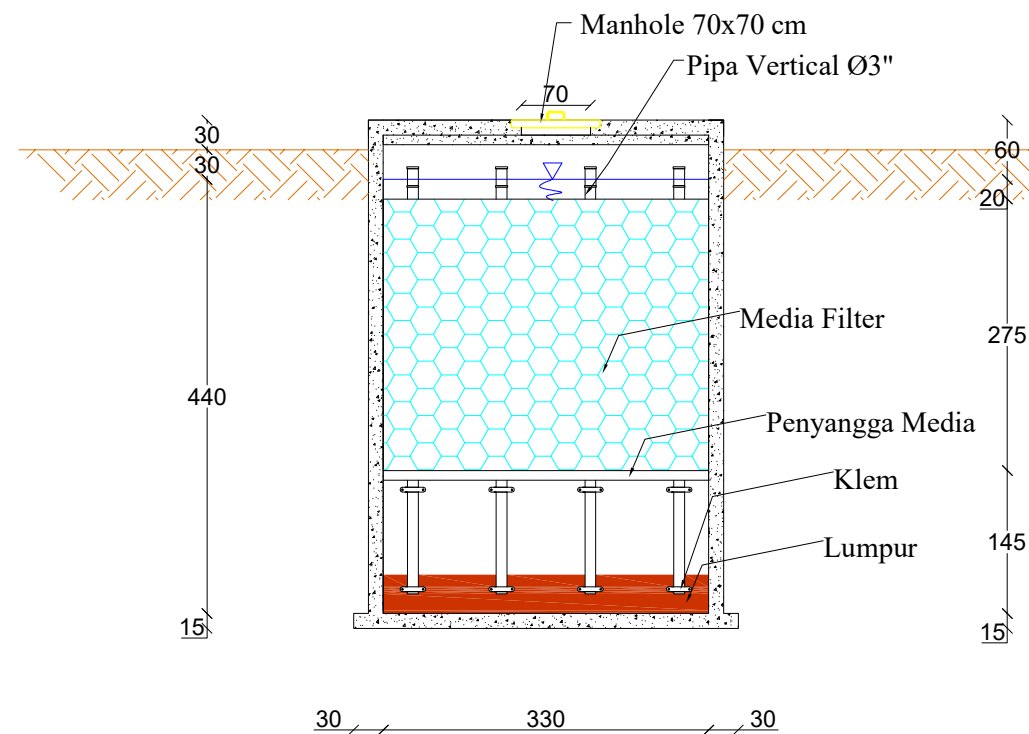
1 : 75

No Gambar

29



POTONGAN B-B ABR & AF
CLUSTER II



POTONGAN C-C ABR & AF
CLUSTER II



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda



Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

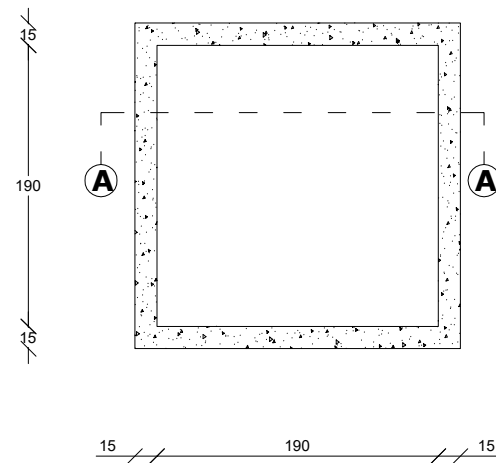
Detail Potongan A-A dan B-B
ABR & AF Cluster II

Skala

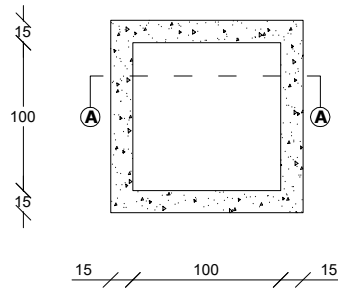
1 : 75

No Gambar

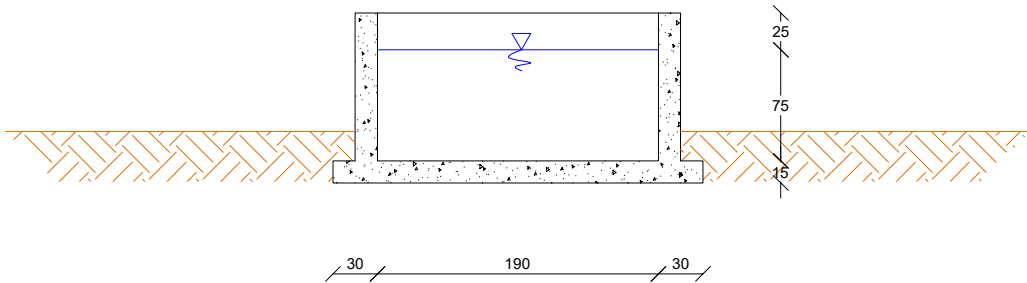
30



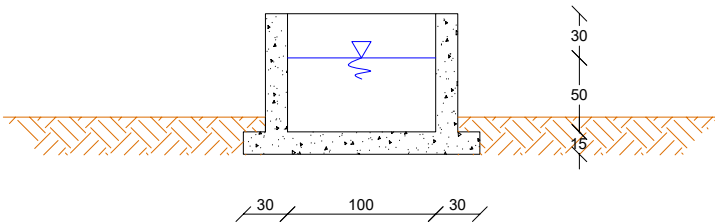
DENAH BAK PENYEDUH KAPORIT *CLUSTER I*



DENAH BAK PENYEDUH KAPORIT *CLUSTER II*



POTONGAN A-A BAK PENYEDUH KAPORIT
CLUSTER I



POTONGAN A-A BAK PENYEDUH KAPORIT
CLUSTER II



Judul Tugas	
Tugas Akhir Perencanaan	
Departemen	
Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	
Legenda	
<div><div> Beton</div><div> Manhole</div><div> Permukaan Air</div><div> Tanah</div><div> Media Filter</div><div> Lumpur</div></div>	
Drafter	
Rizki Ismi'Raj Destio 03211440000048	
Dosen Pembimbing	
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.	
Judul Gambar	
Denah dan Detail Potongan A-A Bak Penyeduh Kaporit	
Skala	No Gambar
1 : 50	31



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda

- | | |
|---------------|--------------|
| Beton | Tanah |
| Manhole | Media Filter |
| Permukaan Air | Lumpur |

Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

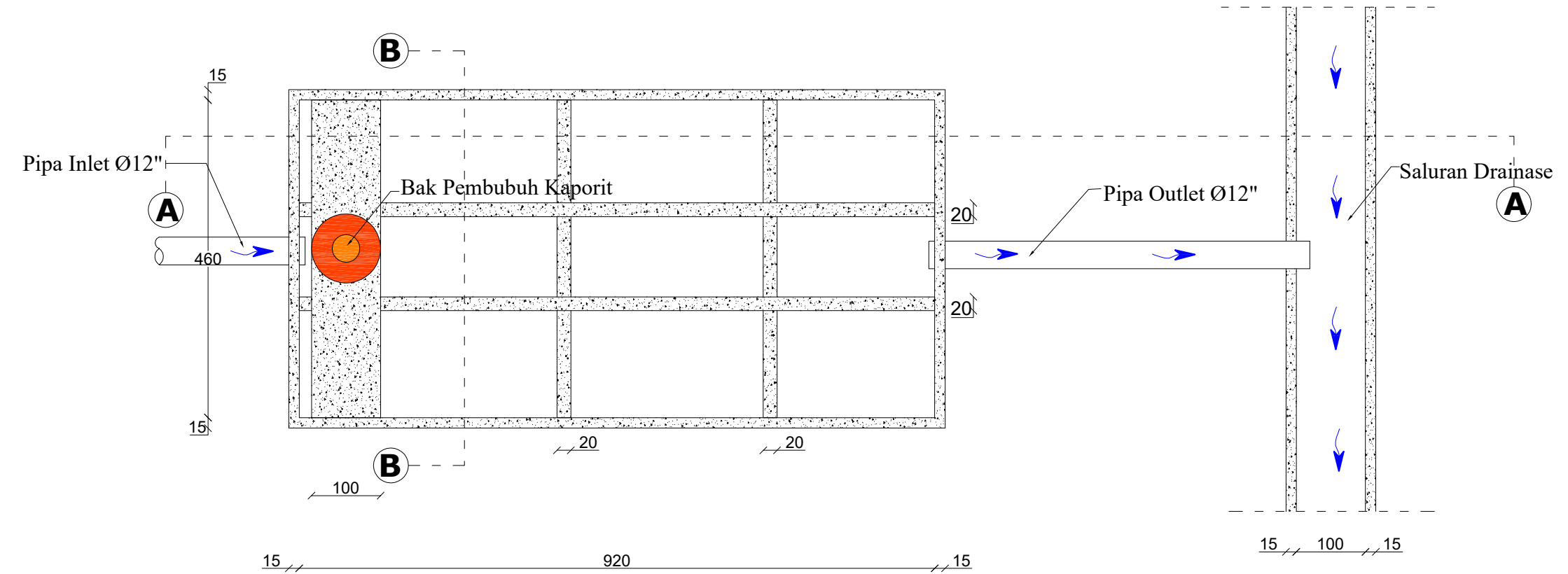
Denah Bak Kontak dan Bak
Pembubuh Kaporit

Skala

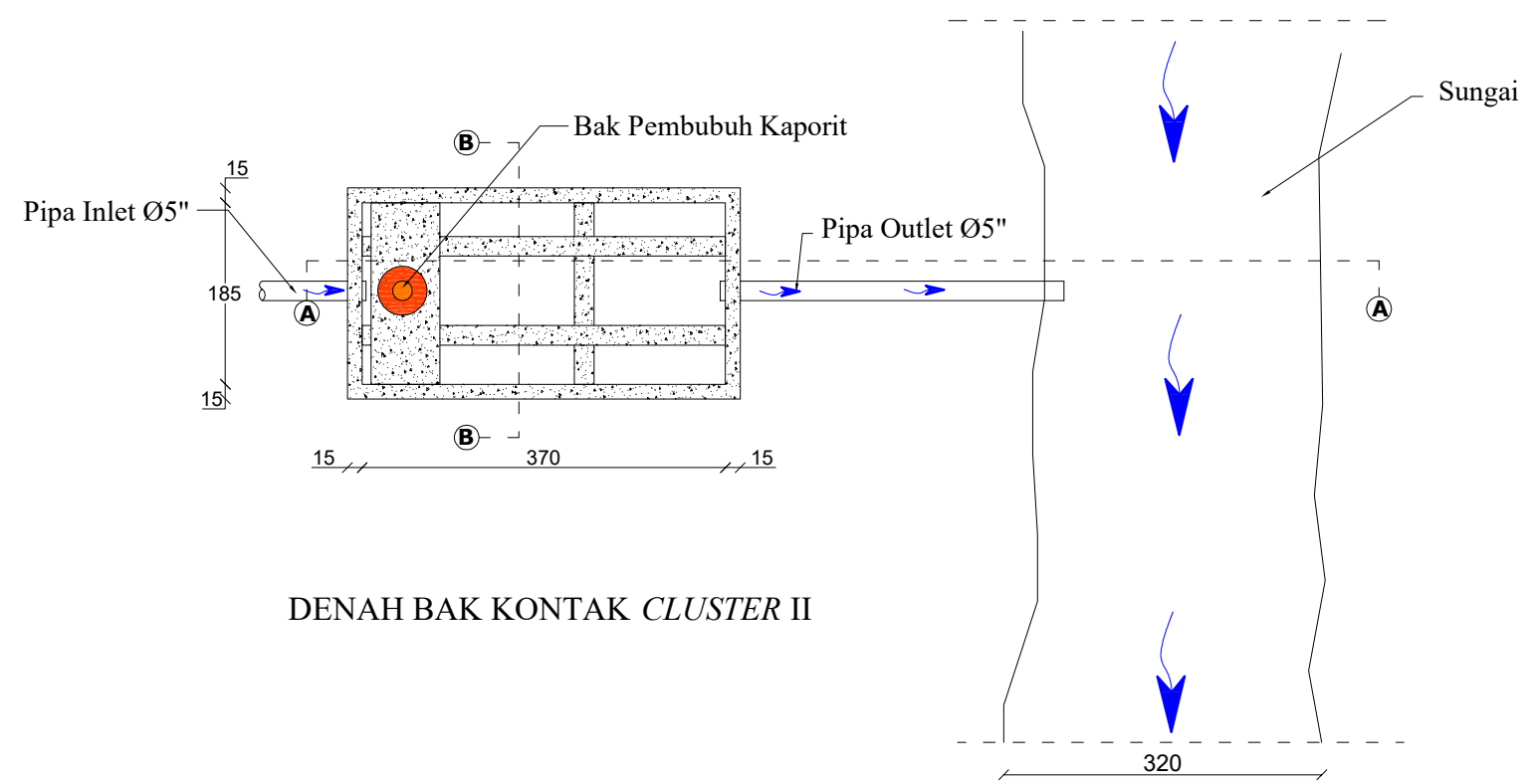
1 : 75

No Gambar

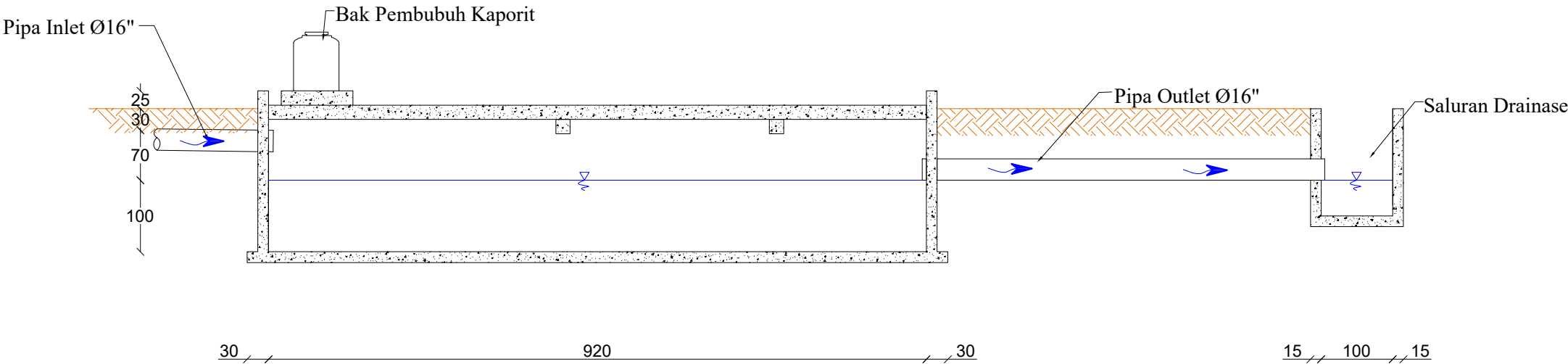
32



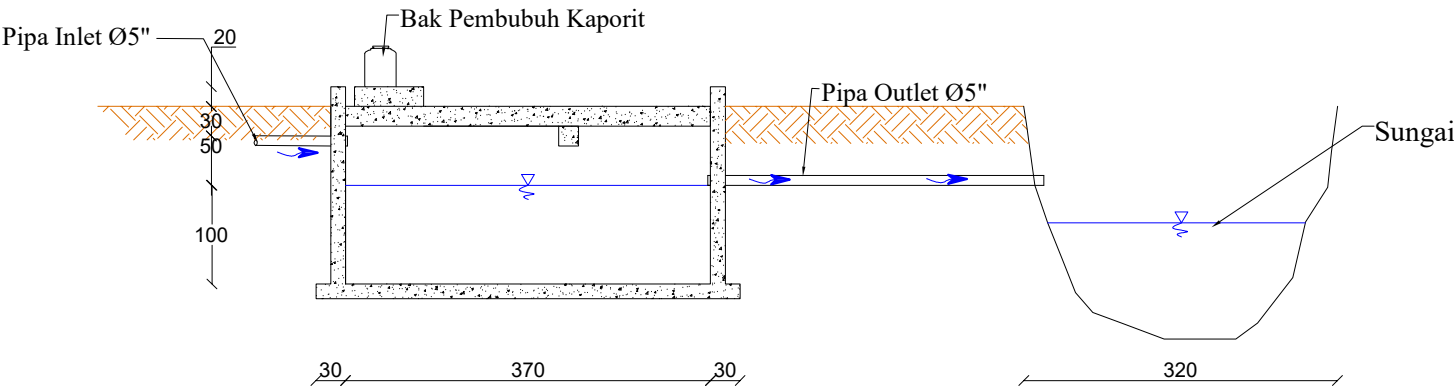
DENAH BAK KONTAK *CLUSTER I*



DENAH BAK KONTAK *CLUSTER II*



POTONGAN A-A BAK KONTAK
CLUSTER I



POTONGAN A-A BAK KONTAK
CLUSTER II



Judul Tugas
Tugas Akhir
Perencanaan
Departemen
Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

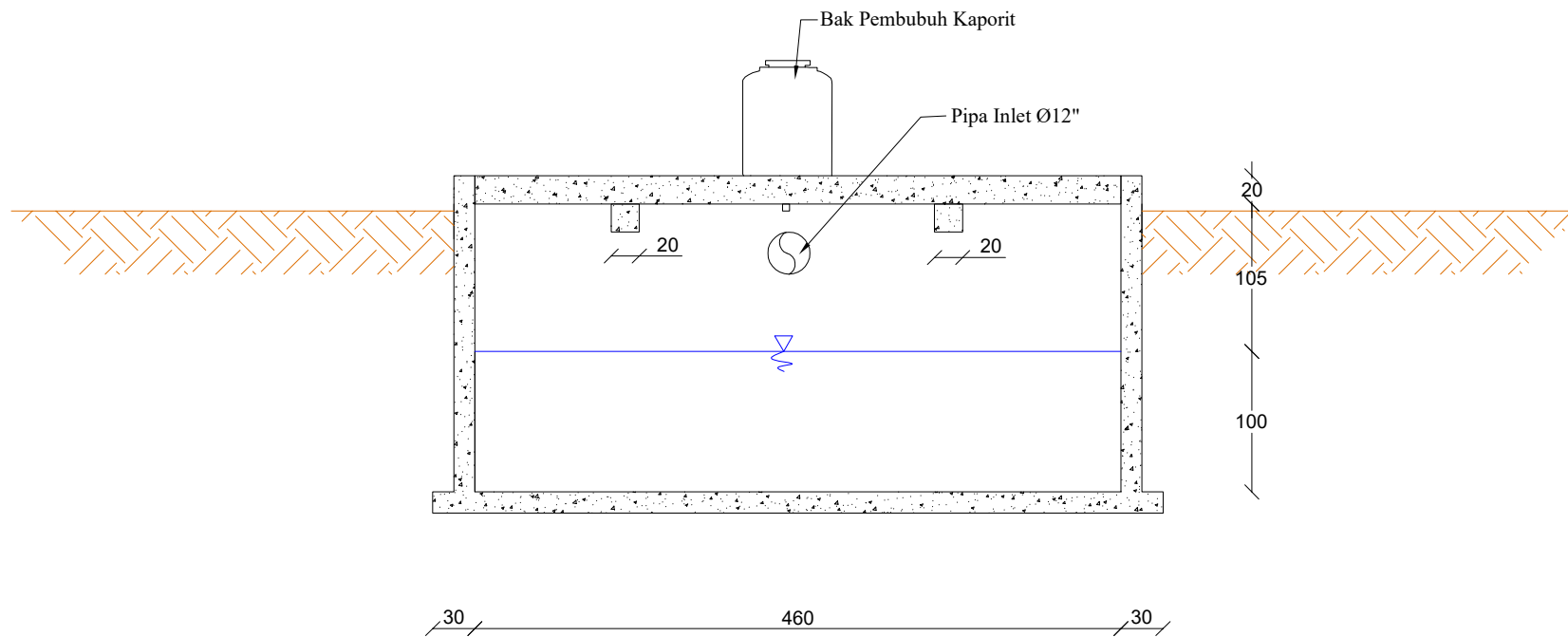
Legenda	
	Beton
	Tanah
	Manhole
	Media Filter
	Permukaan Air
	Lumpur

Drafter
Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

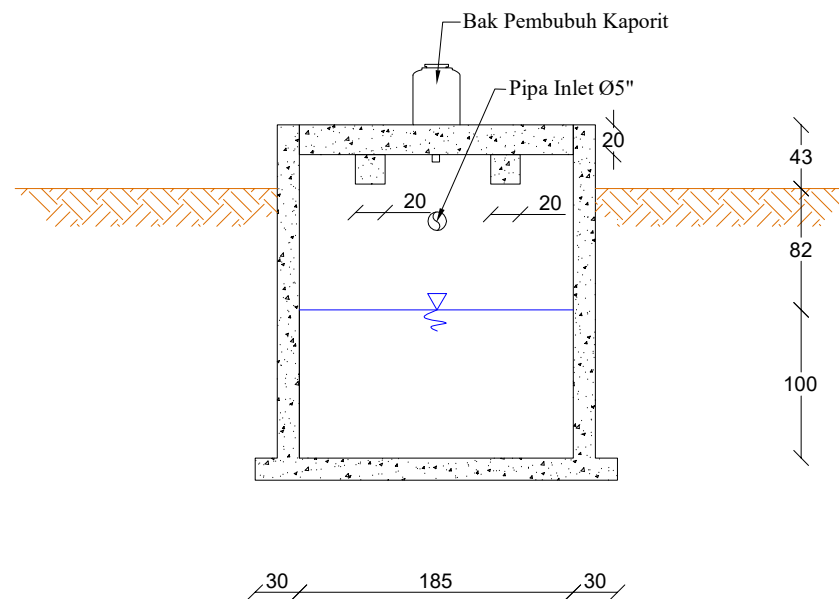
Dosen Pembimbing
Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar
Detail Potongan A-A Bak Kontak

Skala	No Gambar
1 : 75	33



POTONGAN B-B BAK KONTAK
CLUSTER I



POTONGAN B-B BAK KONTAK
CLUSTER II



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda



Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

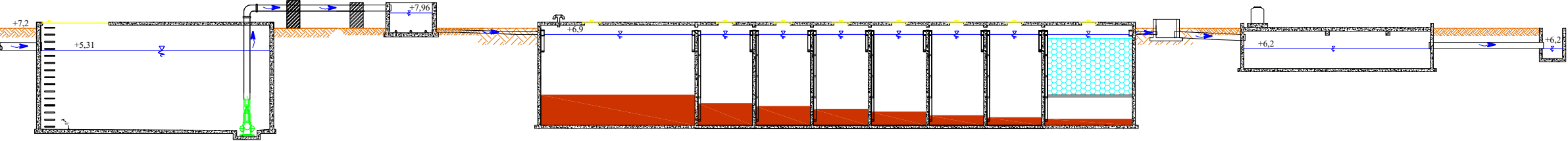
Detail Potongan B-B
Bak Kontak

Skala

1 : 50

No Gambar







34



PROFIL HIDROLIS IPAL
CLUSTER I

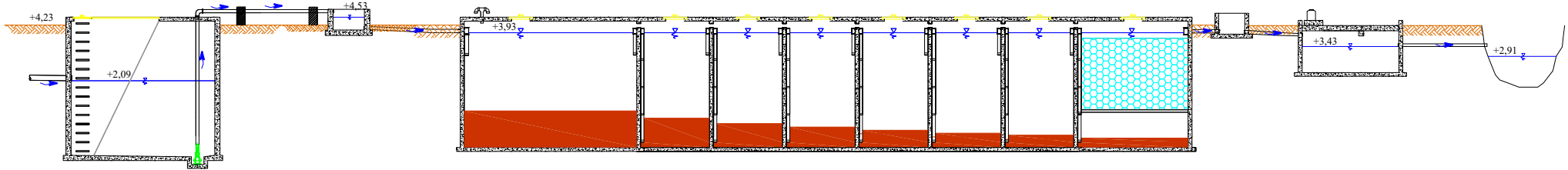


Judul Tugas
Tugas Akhir
Perencanaan
Departemen
Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

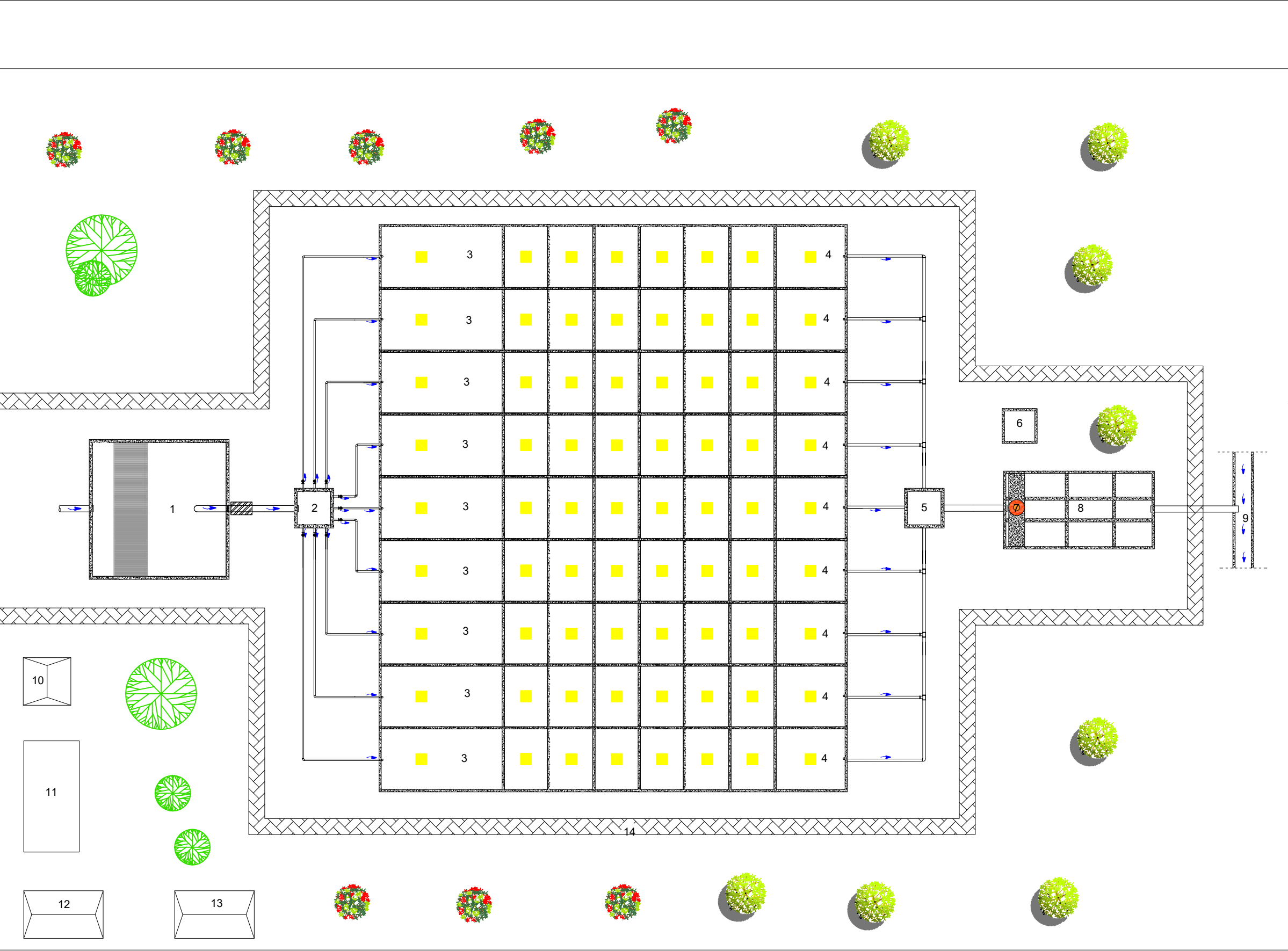
Legenda	
 Beton	 Tanah
 Manhole	 Media Filter
 Permukaan Air	 Lumpur

Drafter
Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048
Dosen Pembimbing
Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar	
Profil Hidrolis IPAL	
Skala	No Gambar
1 : 250	35



PROFIL HIDROLIS IPAL
CLUSTER II



Judul Tugas	
Tugas Akhir Perencanaan	
Departemen	
Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	
Legenda	
1. Sumur Pengumpul 2. Bak Distribusi 3. Anaerobic Baffled Reactor 4. Anaerobic Filter 5. Bak Pengumpul 6. Bak penyeduh Kaporit 7. Bak Pembubuh Kaporit 8. Bak Kontak 9. Badan Air 10. Pos Jaga 11. Lahan Parkir 12. Kantor 13. Gudang 14. Paving Block	
Drafter	
Rizki Ismi'Raj Destio 03211440000048	
Dosen Pembimbing	
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.	
Judul Gambar	
Layout IPAL Cluster I	
Skala	No Gambar
1 : 250	36



Judul Tugas

Tugas Akhir
Perencanaan

Departemen

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Legenda

- 1. Sumur Pengumpul
- 2. Bak Distribusi
- 3. *Anaerobic Baffled Reactor*
- 4. *Anaerobic Filter*
- 5. Bak Pengumpul
- 6. Bak penyeduh Kaporit
- 7. Bak Pembubuh Kaporit
- 8. Bak Kontak
- 9. Badan Air
- 10. Pos Jaga
- 11. Lahan Parkir
- 12. Kantor
- 13. Gudang
- 14. Paving Block

Drafter

Rizki Ismi'Raj Destio
03211440000048

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

Judul Gambar

Layout IPAL *Cluster II*

Skala

No Gambar

1 : 200

37

